

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ  
КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество  
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

кафедра Автоматической электросвязи

«Допущен к защите»  
Заведующий кафедрой АЭС  
Чечимбаева К.С., к.т.н., доцент  
(Ф.И.О., ученая степень, звание)  
«    » 2014 г.  
(подпись)

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

На тему: Внедрение технологии WCDMA  
в Алматытінский регионе

Специальность 5В071900 Радиотехника, электроника и телекоммуникации

Выполнил (а) Чечимбаева К.С. СССУ-10-1  
(Фамилия и инициалы) группа

Научный руководитель Чечимбаева К.С. к.т.н., доцент  
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

Консультанты:

по экономической части: Жаппаров А.А.  
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)  
Жаппаров А.А. «13» июня 2014 г.  
(подпись)

по безопасности жизнедеятельности: Чечимбаева К.С. ст. преподаватель  
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)  
Чечимбаева К.С. «11» 06 2014 г.  
(подпись)

по применению вычислительной техники: Мухамеджанова А.Д. ст. преп. каф. АЭС.  
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)  
Мухамеджанова А.Д. «25» 05 2014 г.  
(подпись)

Нормоконтролер: Кашева С.А. доцент АУЭС  
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)  
Кашева С.А. «16» 06 2014 г.  
(подпись)

Рецензент: \_\_\_\_\_  
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)  
«    » 20 г.  
(подпись)

Алматы 2014 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество  
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

Факультет заочного обучения и переподготовки специалистов  
Специальность 5В071900 – Радиотехника, электроника и телекоммуникации  
Кафедра Автоматической электросвязи

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Студент Дайрабаева Ж  
(фамилия, имя, отчество)

Тема проекта Внедрение технологии WCDMA  
в Алматыском районе

утверждена приказом ректора №      от «    » сентября 20     г.

Срок сдачи законченной работы «    »                      20     г.

Исходные данные к проекту требуемые параметры результатов проектирования  
(исследования) и исходные данные объекта

Нормальная шумовая температура:  $T_0 = 293^\circ\text{K}$   
Коэффициенте турбулентности:  $\alpha = 0,89$   
Скорость передачи речи:  $R = 12,2 \text{ Кбит/с}$   
Потери на трассе -  $141,9 \text{ дБ}$

Перечень подлежащих разработке дипломного проекта вопросов или  
краткое содержание дипломного проекта:

Введение  
1 Обзор существующей сети связи  
в Алматыском районе  
2 Проектирование беспроводного доступа  
WCDMA в Алматыском районе  
3 Расчет зоны покрытия для цифрового  
вещания DVB-T/H  
4 Безопасность жизнедеятельности  
5 Выводы - план  
заключение  
Список литературы



Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. Схема организационно-транспортной сети г. Талдыкорган
2. Технологическая схема сети в г. Талдыкорган
3. Принципы размещения спектров прямой и косвенной радиосвязи DSSS
4. Структура системы WCDMA с одним направлением и ее параметры

#### Рекомендуемая основная литература

1. Громыков Ю.А. Стандарты и системы цифровой радиосвязи. - М.: Радио и связь, 1998. - 238 с.
2. Технологическое документальное для организации WCDMA
3. Февин Т. Техника цифровой связи. - М.: РИ С, 1988. - 223 с.
4. М. Дюмин. Основы проектирования сетей телематического и СВЧ-типа. Выходящая зона обслуживания радиостанций // Вестник № 4. 2006 г. с. 28-31.

Консультанты по проекту с указанием относящихся к ним разделов

Раздел	Консультант	Сроки	Подпись
БМН	Даванова С.В.	23.04 - 19.06.14	С.В. Даванова
Транспорт. связь	Трапезин Н.Н.	23.04 - 13.06	Н.Н. Трапезин
Техническая			
ВТ	Мухомеджанова	23.04 - 25.05	М.М. Мухомеджанова
Нормы контроля	Кашев С.А.	16.06.14	С.А. Кашев

## ПОДГОТОВКИ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА

[illegible]

Дата выдачи задания «24» сентября 2013 г.

Заведующий кафедрой И.С. [подпись] Евдокимов И.С.  
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Руководитель Бика (подпись) Фатирбаева У. К. (Фамилия и инициалы)

Задание принял к исполнению  
студент Гали (подпись) Дашрабаева ж.с. (Фамилия и инициалы)

## **Аңдатпа**

Бұл дипломдық жобада Алматы аймағында WCDMA технологиясын енгізу қарастырылған.

Дипломдық жұмыста: DVB-T/H цифрлық эфирде хабарды тарату үшін аймақты қамту есебі; Окумура-Хата тарату моделін қолдану арқылы территорияны қамту есебі, сонымен қатар қосымша есептер есептелген.

Дайындау процесі кезінде бизнес-жоспар құрастырылған және адам өмір тіршілігіне қауіпсіздік мәселесі қарастырылған.

## **Аннотация**

В данном дипломном проекте рассматривается внедрение технологии WCDMA в Алматинском регионе.

В дипломном проекте рассчитываются: расчет зоны покрытия для цифрового эфирного вещания DVB-T/H; определение территории размаха с применением модели распространения Окумура-Хата, а также дополнительные расчеты.

В процессе разработки так же составляется бизнес-план и рассматриваются вопросы безопасности жизнедеятельности.

## Содержание

Введение.....	7
1 Обзор существующей сети связи в Алматинском регионе.....	9
1.1 Перспективы развития.....	10
1.2 Основные цели проекта.....	13
1.3 Суть метода WCDMA.....	16
1.4 Основные принципы.....	16
1.5 Радиоканалы WCDMA.....	23
1.6 Структура цикла WCDMA.....	32
1.7 HSDPA - улучшенная версия WCDMA.....	35
2 Проектирование беспроводного доступа WCDMA в Алматинском регионе.....	39
2.1 3G- и GSM-роутеры Novacom Wireless.....	39
2.2 3G-роутер GNS-UR3i SOHO для организации небольшой сети.....	41
2.3 Структура базовой сети UMTS.....	45
2.4 3G-MSC.....	47
3 Расчет зоны покрытия для цифрового эфирного вещания DVB-T/H.....	49
3.1 Проверка норм на готовность.....	59
3.2 Расчет времени ухудшения связи из-за многолучевого распространения радиоволн с использованием языка программирования Delphi.....	60
3.3 Определение территории размаха.....	62
3.4 Расчет необходимого наклона антенны базовой станции.....	66
3.5 Расчет радиусов покрытия секторной антенны беспроводной сети.....	67
4 Безопасность жизнедеятельности.....	69
4.1 Анализ условий труда.....	69
4.2 Разработка кондиционирования.....	70
4.3 Расчет автоматического пожаротушения.....	72
4.4 Расчет защитного заземления.....	75
4.5 Расчет облученности.....	78
5 Бизнес-план.....	81
5.1 Резюме.....	81
5.2 Услуги.....	81
5.3 Маркетинг.....	82
5.4 Организационно – производственный план.....	83
5.5 Финансовый план.....	83
5.6 Расчет эксплуатационных затрат.....	85
5.7 Доходы компании.....	88
5.8 Расчет срока окупаемости.....	89
Заключение.....	92
Список литературы.....	93



## Введение

В настоящее время общепринято, ведя разговор о мобильной связи, выделять три различных поколения реализованных (внедренных на практике) систем. К первому поколению (1G) относятся аналоговые или наполовину аналоговые (аналоговый радиотракт, но цифровая коммутация) сети мобильной связи, созданные в середине 1980-х годов, как, например, система Северной мобильной телефонии (NMT) и Американская система мобильной связи (AMPS). Такие сети предоставляли пользователю основные (базовые) услуги, при этом акцент делался на услуги, ориентированные на передачу речи. Сети поколения 1G создавались только в масштабах одного государства, и зачастую их основные технические характеристики устанавливались по определённому соглашению между национальным оператором мобильной связи и местной промышленностью без какой-либо открытой публикации технических данных. Из-за наличия особенностей национальных технических требований, сети 1G были несовместимы друг с другом, в то время как сама мобильная связь воспринималась диковинкой и дополнением к традиционным сетям стационарной связи.

С ростом спроса на мобильную связь возникла необходимость создания всеобщей системы мобильной связи. Международные органы стандартизации начали выяснять, что же должна представлять собой система мобильной связи второго поколения - 2G. При этом акцент делался на совместимость и международную прозрачность; система 2G должна была стать региональной (например, охватывать всю Европу) или почти глобальной, чтобы абоненты могли иметь доступ к ней практически везде в рамках данного региона. С точки зрения конечного пользователя (абонента), сети 2G смогли предложить более привлекательный «пакет услуг»: помимо традиционных речевых услуг, такие сети предоставляли и некоторые услуги передачи данных, а также более разнообразные дополнительные услуги. Региональный подход к стандартизации не позволил в полной мере реализовать концепцию глобальной мобильной сети, и в результате на рынке появилось несколько систем 2G. Среди них как пример коммерческого успеха следует выделить глобальную систему мобильной связи (GSM) и её разновидности: эта система, несомненно, превзошла все ожидания — как в техническом, так и в коммерческом плане.

В то время как ещё продолжается стандартизация систем 3G, наблюдается и изменение основных тенденций развития отрасли связи в целом. Традиционная электросвязь и передача данных (Интернет), которые до сих пор развивались друг от друга отдельно, начали стремительно сближаться. Появился целый ряд разработок, которые объединяют технологии традиционной электросвязи и интернет-протокола (IP) «в одном флаконе». Эту общую тенденцию называют по-разному, в зависимости от точки зрения говорящего: некоторые люди обозначают цель происходящих

процессов терминами мобильное «информационное общество» или «мобильный IP», другие определяют это как «3G полностью на базе IP», а в коммерческом контексте применяют обозначение «E2E IP» что переводится с английского как «сквозной IP». С точки зрения концепции 3G полномасштабное внедрение протокола IP рассматривается как одна из целей на пути развития систем 3G.

Сейчас системы 3G проходят новые этапы развития, и фактически уже начался процесс формирования технических требований к системам поколения 4G. Сейчас еще слишком рано прогнозировать, когда закончится эволюция систем 3G и начнется фактическое внедрение 4G. Этот процесс будущего развития можно представить себе как непрерывный ряд разработок, благодаря которым системы 3G будут предлагать все новые способы поддержки и комбинирования различных видов услуг мобильной связи и передачи данных. В то же время системы 4G будут представлять более сложную концепцию, которая позволит предоставить конечному пользователю ещё больше пропускной способности и дополнительных услуг.

В данном дипломном проекте рассматривается внедрение технологии 3G в Алматинском регионе.



## 1 Обзор существующей сети связи в г. Талдыкорган

В настоящее время оборудование ПД замонтировано только на одной АТС г.Талдыкорган (АТС-27). Количество пользователей услугами сети ПД, по состоянию на 01.10.2004г. составило 14 клиентов. Из них по услугам ADSL 9 абонентов, по выделенным линиям 5 абонентов. Удовлетворение существующего спроса на услуги ПД в зоне обслуживания других АТС технически невозможно.

В целях увеличения доходов от услуг ПД максимального удовлетворения текущего и накопленного спроса требуется модернизация сети ПД городов Талдыкорган и Уштобе. Проект обеспечит предоставление полного спектра современных услуг передачи данных и широкополосного доступа к сети Интернет на базе существующей телекоммуникационной сети. Необходимо монтирование оборудования ПД малой емкости на всех АТС г.Талдыкорган и г.Уштобе.

Деятельность по продвижению услуг широкополосного доступа к сети Интернет осуществляется специалистами ЦРС и ЦПУТ городов Талдыкорган и Уштобе. Стратегия: переориентация юридических лиц, частных предпринимателей и физических лиц, активно пользующихся услугами доступа к сети Интернет по Dial-up на услуги проекта. Это позволит увеличить доходы по услугам ПД от 1-го клиента, снизить нагрузку на сеть «Зона Интернет», что в свою очередь позволит увеличить менее доходную клиентскую базу Dial-up за счет улучшения качества соединения.

Данная схема предлагается как решение для привлечения дополнительных доходов от населения в г. Талдыкорган Алматинской ОДТ и удовлетворения спроса клиентов.

Используемые технологии:

**MPLS** в магистральной сети с обеспечением необходимых характеристик QoS,

**Gigabit Ethernet** в городской сети, построенной на «темных» волокнах.

Данные технологии являются оптимальным выбором, что подтверждается практическим опытом внедрения их другими крупными операторами связи.

Функциональное назначение используемого оборудования:

**BB-RTR** – Магистральный коммутирующий маршрутизатор, обеспечивает быструю коммутацию IP пакетов по меткам. Обеспечивает маршрутизацию пакетов между городской сетью и магистральной

**AGGR-RTR** агрегирующий маршрутизатор, собирает трафик с сети Gigabit Ethernet, классифицирует пакеты, приходящие от пользователей, назначает метки в соответствии с типом получаемого клиентом сервиса.

**Switch** - коммутатор уровня распределения, устанавливается на АТС, имеет 24 порта Eth 10/100 Мбит/с для подключения DSLAM, корпоративных и отдельных пользователей.

DSLAM - концентратор ADSL, SHDSL клиентов.

Необходимость и актуальность организации сети беспроводного доступа на базе 3G в городе Талдыкорган обусловлена растущим неудовлетворением спроса населения на присоединение абонентов к сети АО «Казахтелеком» в результате отсутствия ЛКХ. Для удовлетворения спроса населения будет использоваться оборудование на базе стандарта 802.16 (3G) с использованием транспортной инфраструктуры Metro Ethernet и с возможностью предоставления высокоскоростных услуг передачи данных (до 10 Mbps) и передачи голоса в пределах города

Увеличение доходов ОАО «Казахтелеком», путем расширения номенклатуры предоставляемых услуг и увеличения количества пользователей сети передачи данных на 100 портов

Построение сети широкополосного беспроводного доступа г. Талдыкорган с использованием современных технологий 3G с целью улучшения надежности, и более рационального использования ресурсов транспортной среды.

Реализация проекта приведет к расширению и удержанию телекоммуникационного рынка, расширению абонентской базы, увеличению доходов Общества.

## **1.1 Перспективы развития**

В Алматинском регионе активно развивается строительство жилых многоквартирных комплексов, административных зданий, бизнес центров. На сегодняшний день основное строительство разворачивается в новых районах города, где отсутствуют сети телекоммуникаций АО «КАЗАХТЕЛЕКОМ». Потребителям необходимы средства телекоммуникаций – в короткие сроки, недорого и качественно.

Изменение потребностей и привычек потребителей, на основе повышения уровня технической образованности. Рост требований к услугам (качество, универсальность, полезность, удобство, комфорт и доступность). Изменение предпочтений потребителей, связанных с изменением социального статуса. Потребителям необходимы качественные услуги телефонии и доступа к сети Интернет по новым технологиям.

Происходит изменение стиля жизни, уровня общения, мировоззрения, имиджа. Перед АО «КАЗАХТЕЛЕКОМ» стоит задача внедрения и продвижения новых видов услуг, улучшения качества имеющихся услуг, улучшения стиля обслуживания клиентов, разработка мероприятий по привлечению и удержанию потребителей посредством тесного контакта с ним.

Услуга беспроводного доступа по стандарту 3G – это мобильность, удобство, качество и доступность. В будущем, сочетая в себе данные свойства, на услугу 3G прогнозируется высокий спрос.

Реализуя проект беспроводного доступа по стандарту Wi-MAX,

АО «КАЗАХТЕЛЕКОМ» в короткие сроки удовлетворит спрос на услуги телекоммуникаций высокодоходных клиентов, проживающих в районах, где отсутствуют сети телекоммуникаций. Реализуя услугу беспроводного доступа по стандарту 3G АО «КАЗАХТЕЛЕКОМ» укрепит свои позиции на высокодоходном сегменте, и удержит клиентов до строительства сетей. После построения сетей телекоммуникаций, высвободившиеся номера будут использованы многократно в районах, где отсутствует техническая возможность.

В настоящее время в регионе предоставляются следующие услуги передачи данных: коммутируемый доступ в Internet (Зона Интернет) и доступ в Internet с использованием xDSL технологий. Недостатками коммутируемого доступа является низкая скорость передачи данных (до 56 Kbps) и отсутствие постоянного соединения. Доступ по технологии xDSL предполагает высокую скорость соединения (до 25 Mbps) при наличии постоянного соединения с возможностью одновременного разговора по телефону. В настоящее время техническая возможность подключения по xDSL имеется на всех из имеющихся АТС, но количество портов xDSL явно недостаточно.

Т а б л и ц а 1.1 - Информация по портовой ёмкости DSLAM  
Алматинской ОДТ

№№	Алматинской ОДТ	Тип DSLAM	ADSL	SHDSL
			Монт.	Монт.
	г. Талдыкорган			
1	АТС- 21,24	STINGER MS+, FS+	432	72
2	АТС-22	STINGER MS+	216	0
3	АТС-23	STINGER MS+	72	0
4	АТС-25	STINGER MS+	144	0
5	АТС-26	HUAWEI	48	0
6	АТС-27	HUAWEI	48	0
	ИТОГО:		960	72
	РУТ			
7	АТС-21	STINGER MS+	0	0
	РУТ			
8	АТС-24	STINGER MS+	0	0
	ВСЕГО:		960	72

В качестве базовой технологии использована технология Gigabit Ethernet. Транспортное ядро сети организовано на оборудовании RiverStone Networks и Lucent Technologies. Используемые технологии основаны на открытых стандартах, позволяющих расширять и дополнять существующую архитектуру. Сеть построена на основе узлов, расположенных на опорных АТС. Сеть состоит из 4 узлов доступа моделей RS-8600, RS-3100 и сервера доступа SSG на базе оборудования Cisco 7206. Маршрутизирующие коммутаторы RiverStone Networks, обладающие всеми возможностями технологии MPLS, соединены по кольцевой топологии интерфейсами Gigabit Ethernet с использованием оптических линий и образуют MPLS-сегмент сети. Недостатком данного решения является относительно низкоскоростной магистральный уровень (1G). Рисунок 1.1 схема организация сети Metro Ethernet на 2012 год.

При дальнейшем наращивании числа клиентов пропускной способности сети будет недостаточно.

Подводя итог вышесказанному, приходим к выводу, что необходимо максимально расширить пропускную способность основного ядра, изменить топологию Metro сети, расширить число потребителей услуг ПД и перевести основное ядро на уровень 10Gb Ethernet.



## 1.2 Основные цели проекта:

- Построить в г. Талдыкорган высокоскоростную сеть беспроводного доступа 3G, способную консолидировать трафик различных типов (данные + голос), предоставлять масштабируемые услуги виртуальных частных сетей (VPN) и гарантированное качество обслуживания (QoS);

- Для организации сети в г. Талдыкорган смонтировать 1 базовую станцию с поддержкой технологии 3G, работающую в диапазоне 5,5 ГГц, с месторасположением АМС мкр;

- Обеспечить функциональность классификации трафика QoS, пакетной передачи голоса VoIP, различных уровней сервиса SLA (гарантированная полоса пропускания CIR, максимальная пиковая полоса пропускания MBR);

- Соединить базовую станцию посредством городской сети Metro Ethernet по технологии Gigabit Ethernet с подключением к сети Internet и телефонной сети общего пользования PSTN за счет установки шлюза VoIP;

- Для осуществления коммутации голосовых вызовов внутри сети и маршрутизации в сеть PSTN использовать интегрированное решение программной коммутации (Call Manager Express);

- Провести широкомасштабное тестирование услуг сети;

- Произвести подключение пользователей.

Для удовлетворения спроса на предоставление услуг широкополосного беспроводного доступа предлагаются следующие решения:

### 1. Организация сети доступа

- Организовать точки присутствия сети беспроводного доступа, для чего приобрести и смонтировать 1 базовую станцию стандарта 3G для работы в диапазоне радиочастот 5,5 ГГц, смонтировать шестисекторную антенну (шесть сектора по 120 градусов) на АМС Дома Связи (14 мкр) (высота 70 м) – 100 % абонентов.

- Организовать подключение базовой станции к сети Metro Ethernet в ближайшей точке присутствия по технологии Gigabit Ethernet 1000BaseT по медным или 1000BaseLN по оптоволоконным линиям. При отсутствии в аппаратуре базовых станций оптоволоконных интерфейсов использовать медиаконвертеры 1000BaseT/ 1000BaseLN.

- Произвести подключение клиентских устройств CPE в зоне прямой видимости (LOS), а также в зоне отсутствия прямой видимости (NLOS) с использованием внешних (outdoor) и внутренних (indoor) антенн.

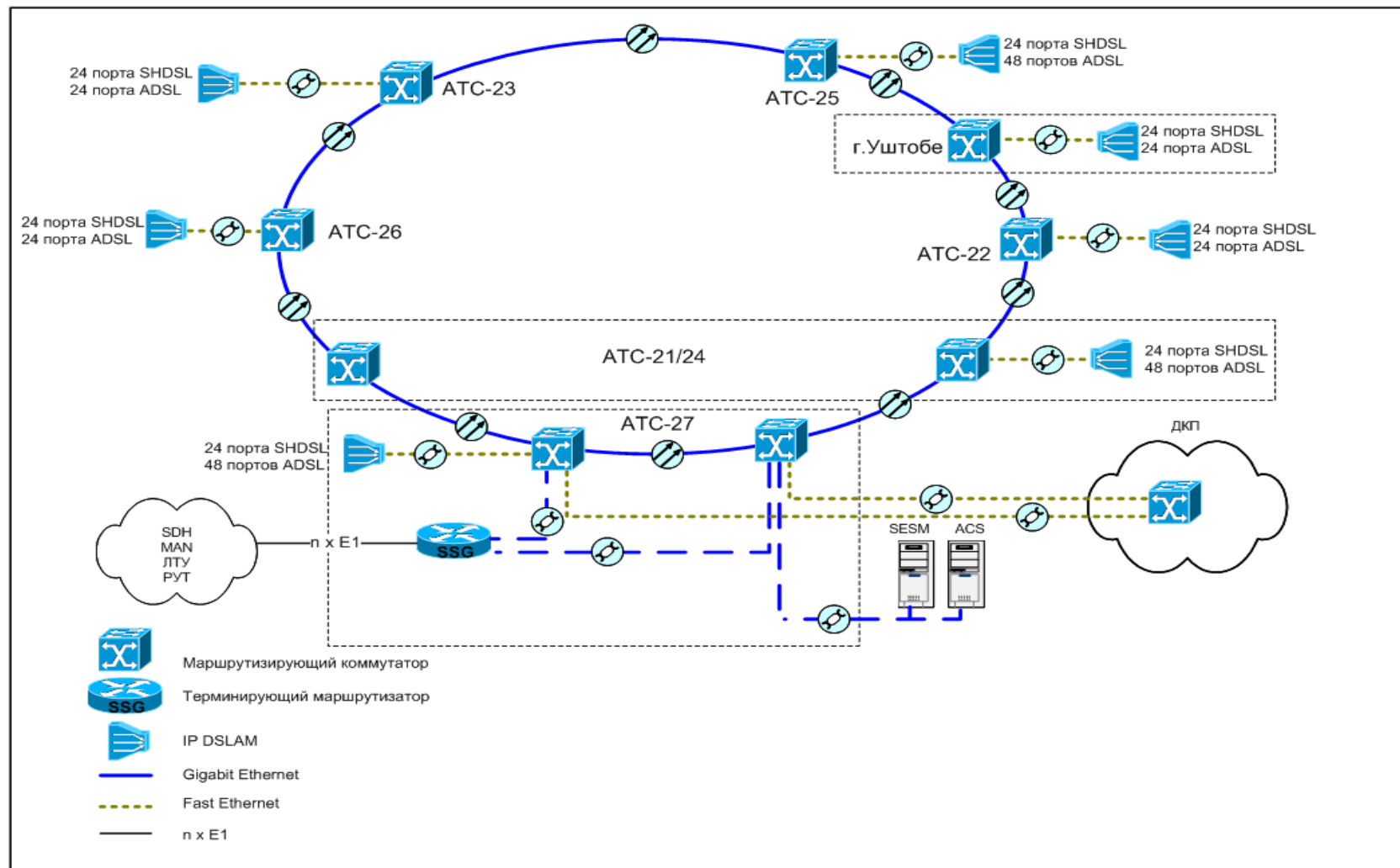


Рисунок 1.1 – Схема организации транспортной сети в г. Талдыкорган

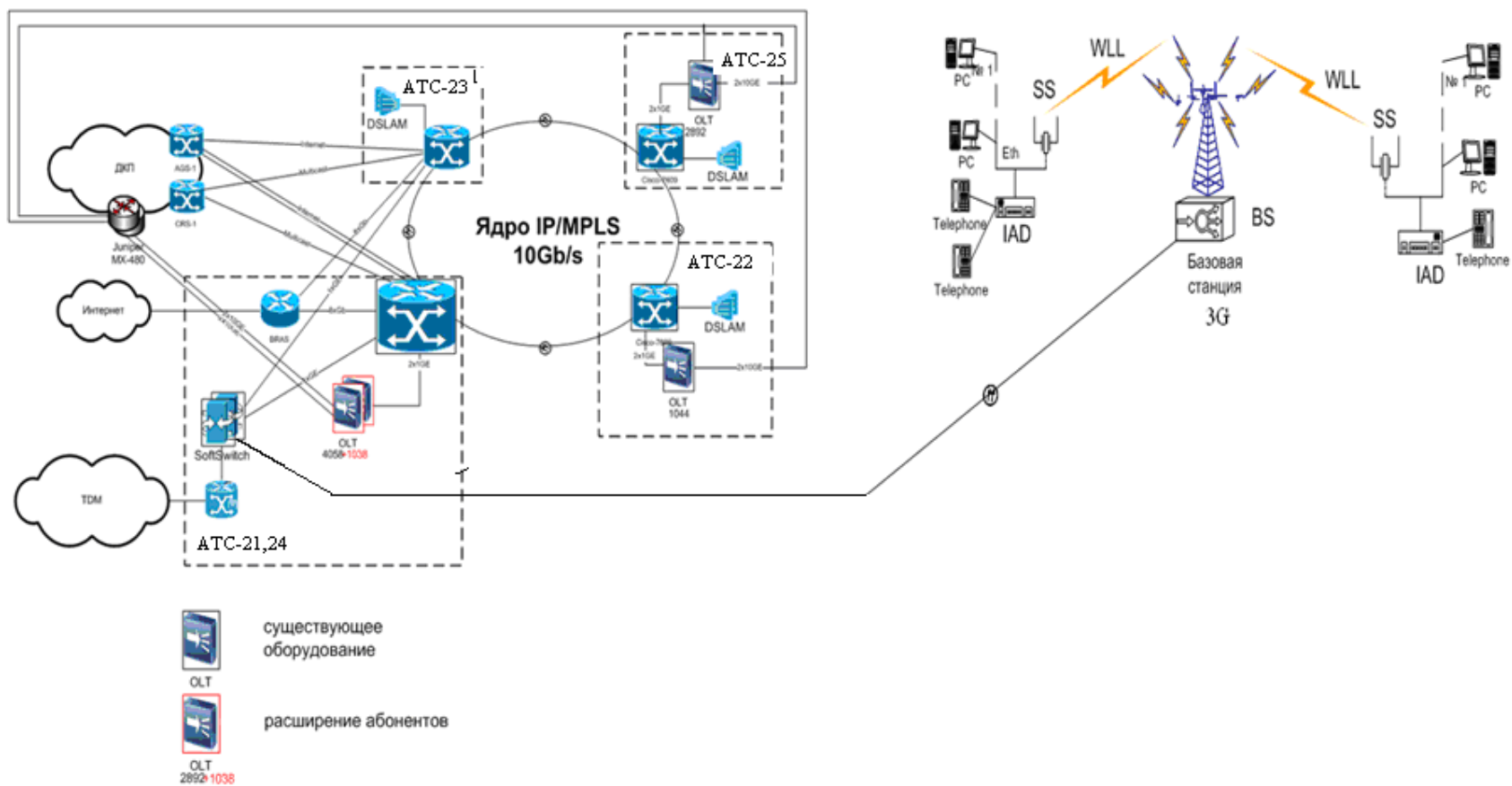


Рисунок 1.2 - Планируемая схема сети в г. Талдыкорган

### **1.3 Суть метода WCDMA**

Основной радиотехнологией, задействованной в UMTS — является метод WCDMA. Его вариации с организацией дуплекса с временным, либо частотным разделением (ЧРД и ВРД соответственно) были выбраны Европейским институтом стандартизации в связи (ETSI) в 1998 году. Хотя система WCDMA весьма схожа с системой CDMA, она имеет более широкий спектр, использует другие каналы сигнализации и управления, более обширный набор усовершенствованных средств реализации требований системы связи 3G и, таким образом, довольно существенно отличается от своего прототипа. В следующих разделах данного сайта мы кратко рассмотрим радиотехнологию WCDMA в объеме, необходимом читателю для понимания основы структуры и функционирования радиointерфейса 3G, а так же требований к общей архитектуре сети. Основные параметры WCDMA, такие как плавная передача обслуживания (handover), управление мощностью передачи (power control), механизм обеспечения трафика в радиointерфейсе, распределение кодов и т.д., подразумевают наличие определенного набора функций, а также соответствующих элементов сетевой архитектуры [1,2,3,4,5,6,7].

### **1.4 Основные принципы**

В основе WCDMA лежит метод расширения спектра прямой последовательностью (DSSS), принцип которого иллюстрируют рисунке 1.3 и 1.7. Предположим, что происходит передача сигнала от базовой станции БС к мобильной станции МС. На базовой станции происходит перемножение передаваемого сигнала со скоростью с широкополосным сигналом. В результате, сигнал расширяет свой спектр, образуя сигнал с полосой частот. В мобильной станции происходит перемножение принимаемого сигнала с таким же широкополосным сигналом. Теперь если широкополосный сигнал, генерируемый мобильной станцией, синхронизирован с кодом расширяющего сигнала, будет получен исходный сигнал плюс некоторые высокочастотные составляющие. Высокочастотные составляющие, не составляющие часть исходного сигнала, могут быть легко отфильтрованы. Однако, если на входе МС появляется какой-либо нежелательный сигнал, то он будет подавлен расширяющим сигналом; при этом выполняются те же самые действия, что и с исходным сигналом на базовой станции, т. е. происходит расширение до полосы частот расширяющего сигнала.



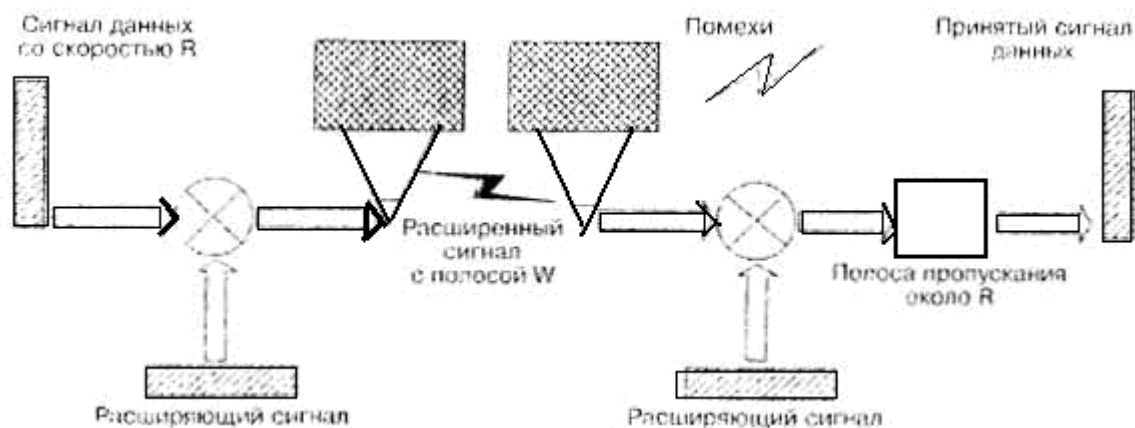


Рисунок 1.3 - Принцип расширения спектра прямой последовательностью DSSS

Принцип действия метода WCDMA более устойчив, гибок и хорошо помехозащищен, надежен в отношении радиоподавления и перехвата. Однако, для реализации своих преимуществ, WCDMA занимает более широкую полосу частот по сравнению с обычной CDMA. Благодаря этому WCDMA способен использовать на радиointерфейсе  $U_t$  несколько каналов. Эффективная полоса частот на радиointерфейсе WCDMA равна 3.84 МГц, а вместе с защитными полосами составит 5 МГц, см. рис. 4.2.

Кроме того, планируется возможность работы системы WCDMA в различных диапазонах частот, приведенных в таблице 1.2.

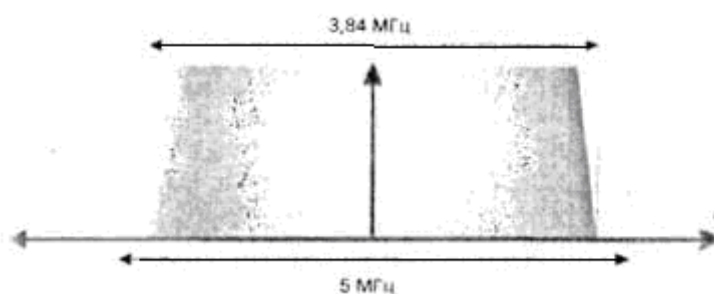


Рисунок 1.4 - Несущая частота WCDMA одного направления и ее параметры

Т а б л и ц ы 1.2 - Рабочие полосы, выделенные 3GPP для систем с ЧРД

Рабочая полоса	Частоты восходящих линий – UL (БС принимает) МГц	Частоты восходящих линий – DL (БС передает) МГц
Основная полоса WCDMA	1920-1980	2110-2170
1900 МГц	1850-1910	1930-1990
1800 МГц	1710-1785	1805-1880
1.7/2.1 ГГц (США)	1710-1770	2110-2170
UMTS850	824-849	869-894
UMTS800 (Zgjbz)	830-840	875-885

В схеме WCDMA, аналогично схеме с прямым расширенным спектра DS-SS-CDMA, на передающей стороне сигнал данных скремблируется псевдослучайной последовательностью ПСП для расширения сигнала абонента на всю полосу. На приемной стороне принимаемый сигнал извлекается с помощью точно такой же кодовой последовательности. Исходя из принципов теории информации, можно получить несколько упрощенных выводов:

- Передаваемая информация представлена определенной мощностью;
- Чем шире полоса, задействованная при передаче информации, тем меньше мощность, представляющая передаваемую информацию в области передаваемой полосы частот. Другими словами, общая мощность в данном случае представляет интеграл по передаваемой полосе частот;
- Чем больше передается информации, тем большая мощность требуется. Следовательно, при моментальном всплеске энергии мощность также возрастает. В этом смысле отметим, что с увеличением скорости передачи исходного сигнала, требуется большая мощность.

Принимая во внимание все выше сказанное и объединив это с информацией, представленной на рисунке 3.12., можно получить представление, как в WCDMA происходит обработка одного элемента данных абонента — «бита».

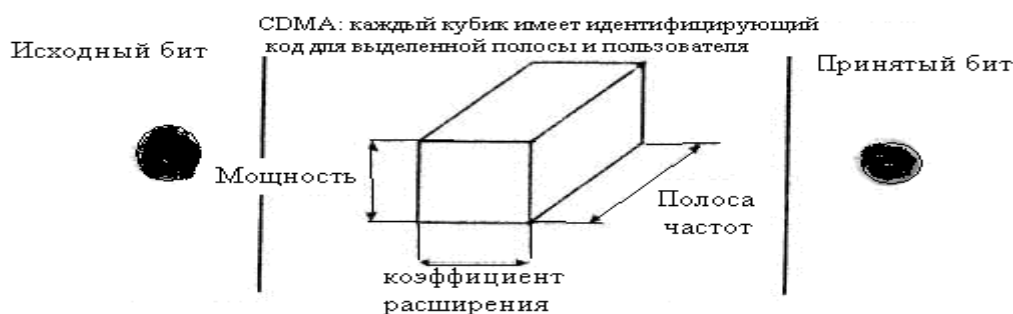


Рисунок 1.5 - – Радиоинтерфейс WCDMA и обработки бит

На радиointерфейсе можно сравнить с «ящиком» каждый исходный информационный бит, объем которого постоянен, а размеры изменяются в зависимости от ситуации. При рассмотрении рис. 4.3 видно, что при WCDMA глубина ящика (полоса частот) — это величина постоянная. Два других измерения (ширина и высота), мощность и коэффициент расширения — величины переменные. Исходя из этого, можно сделать следующие выводы:

- Чем больше расширяется сигнал, тем все меньше энергии приходится на один бит (мощность). Это верно при невысокой скорости исходного потока бит. Другими словами, коэффициент расширения возрастает, а мощность убывает;

- Чем меньше коэффициент расширения, тем все больше энергии приходится на один бит. Это верно при высокой скорости исходного потока бит. Другими словами, коэффициент расширения убывает, а мощность возрастает.

В WCDMA предметом путаницы является понятие «бит»: что является битом и что им не является во всех случаях. Понятие «бит» относится к информационным битам: это те «биты», которые возникают непосредственно в исходном потоке данных пользователя. Бит, появившийся в коде, используемом для расширения, называется «чип». Используя эти понятия, представим основные свойства WCDMA.

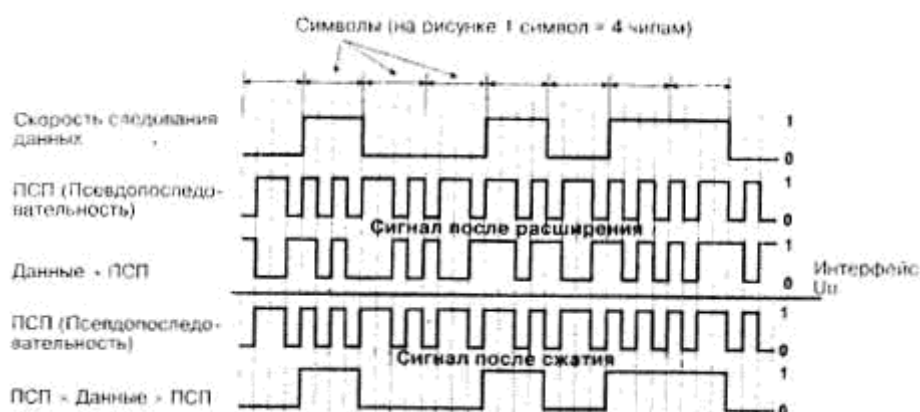


Рисунок 1.6 – Бит, чип и символ, а также порядок прохождения сигнала в WCDMA

Скорость следования бит в кодах, которые используются для расширения исходного сигнала, по определению равняется 3,84 Мбит/с. Эта величина является постоянной во всех вариантах исполнения WCDMA, используемых в сетях 3GPP. Данный параметр называется «системной скоростью чипов» SCR и равен 3,84 Мчип/с (мегачип в 1 секунду). При такой скорости длительность одного чипа во времени равняется  $1/384000=0,00000026041$  сек.

Как упоминалось выше, основная идея WCDMA состоит в том, что сигнал, передаваемый по радиотракту, формируется путем перемножения исходного цифрового сигнала с другим сигналом со значительно большей скоростью бит. Поскольку оба этих сигнала содержат биты, то на приемной

стороне должно обеспечиваться четкое разделение по типам принимаемых бит (см. рисунок 1.6). Таким образом:

– Информация на радиointерфейсах передается символами. Символ появляется в результате модуляции. Перед модуляцией поток данных абонента, который состоит из бит, подвергается сначала канальному кодированию, затем, сверточному кодированию, а затем и согласованию скоростей (см. рисунок 4.3. где куб в середине рисунка представляет один символ). В зависимости от вида модуляции символ представляется различным числом бит. В случае использования DS-WCDMA-FDD один символ, передающийся в восходящем направлении, (uplink) представляет один бит, а один символ, передающийся в нисходящем направлении (downlink), представляет два бита. Эта разница возникает из-за различных методов модуляции, используемых в восходящем и нисходящем направлениях.

Один бит, используемый в умножающей кодовой последовательности, называется «чипом».

Но каким образом можно зафиксировать нужный сигнал на приемной стороне? Процесс, по существу, весьма прямолинеен: для выделения необходимого сигнала каждый приемник использует свой собственный уникальный код. Происходит перемножение принимаемого сигнала с собственным кодом приемника, в итоге на выходе схемы умножения приемника получается исходный сигнал, который поступил на вход схемы перемножения на передаче. Если перемножаются нужный принимаемый сигнал и верная кодовая последовательность, то в результате после процесса интегрирования будут наблюдаться данные с отчетливыми пиками сигнала; в противном случае после процесса интеграции данных в них не будут содержаться ярко выраженные пики сигнала, необходимые для последующей обработки.

То, насколько расширится сигнал, будет зависеть от используемого коэффициента расширения. Коэффициент расширения — это множитель, показывающий, сколько чипов будет использовано на один символ в радиотракте WCDMA. Коэффициент  $K$  расширения может быть выражен в следующем виде:

$$K = 2^k,$$

при  $k = 0, 1, 2, 8$ .

Например, при  $k = 6$  коэффициент расширения будет равен 64. Это означает, что в восходящем направлении радиотракта WCDMA один символ использует 64 чипа (см. таблицы 1.2 и 1.3). Другое наименование коэффициента расширения? выигрыш от обработки  $G_p$ , который может быть выражен как функция используемой полосы частот:

$$G_p = \frac{B_{ch}}{B_B} = \text{Скорость чипов/Скорость бит} = K,$$



где  $B_{uh}$  — полоса частот на интерфейсе  $U_u$ , а  $B_g$  — полоса частот, согласованная со скоростью исходных данных. Другими словами,  $B_g$  всегда содержит избыточную информацию в виде канального кодирования и защиты от ошибок. Исходя из приведенных выше соотношений и принимая во внимание разницу числа бит, которое приходится на один символ несущей в восходящем и нисходящем направлениях, мы можем рассчитать скорость передачи в битах, предоставляемую WCDMA.

Т а б л и ц а 1.2 – Соотношение коэффициента расширения, скорости следования символов и бит в восходящем направлении

Величина коэффициента расширения	Скорость следования символов, символ/с	Скорость следования бит, кбит/с
256	15	15
128	30	30
64	60	60
32	120	120
16	240	240
8	480	480
4	960	960

Т а б л и ц а 1.3 - Соотношение коэффициента расширения, скорости следования символов и бит в нисходящем направлении

Величина коэффициента расширения	Скорость следования символов, ксимвол/с	Скорость следования бит, кбит/с
512	7,5	15
256	15	30
128	30	60
64	60	120
32	120	240
16	240	480
8	480	960
4	960	1,920

Эти таблицы показательны тем, что из них видно, как доля данных пользователя (полезной нагрузки) зависит от используемой конфигурации радиоканала.

В системе WCDMA используется несколько типов кодов. Теоретически достаточно одного типа кода, на практике же физические характеристики радиотракта вынуждают использовать в системе WCDMA для разных целей разные коды. Эти коды имеют такие свойства, как ортогональность и автокорреляция, что делает их пригодными для их специфических целей.

Существует три основных вида кодов: каналообразующие, скремблирующие и расширяющие коды. Использование кодов показано в таблице 1.4.

Т а б л и ц а 1 . 4 – Типы кодов WCDMA

Тип кода	Восходящее направление	Нисходящее направление
Скремблирующие коды	Разделение пользователей	Разделение сот
Каналообразующие коды(последовательности)	Каналы данных и управления от одного оконечного пункта	Пользователи в пределах одной ячейки
Расширяющие коды	Каналообразующий код(скремблирующий код)	Каналообразующий код(скремблирующий код)

Другим предметом путаницы, связанной с WCDMA, — является тот факт, что одно и то же понятие может встречаться под разными наименованиями. Эта путаница наименований происходит и при использовании кодов. Например, в зависимости от типа используемого скремблирующего кода, коды могут называть по-разному: они известны как «золотые коды» (данный термин часто используется во многих технических статьях по радиотракту) и «длинные коды». В противовес этому наименование «скремблирующие коды» представляется предпочтительным. В направлении нисходящих линий (downlink) скремблирующие коды используются для разделения сот и секторов. Скремблирующие коды используются и в восходящем направлении. В этом случае мобильные абоненты (т. е. их мобильные телефоны) разделяются друг от друга с помощью скремблирующего кода.

Так как поток абонентских данных занимает всю полосу частот, то правильный сигнал может быть принят с минимальными искажениями. Для того чтобы осуществить разделение различных передаваемых сигналов, распределенных по всей полосе частот, используют расширяющие коды. Расширяющие коды представляют из себя уникальные, однозначные кодовые последовательности, которые выделяются сетью перед началом выполнения операций. Их можно так же рассматривать как «ключи», которые используются между мобильным телефоном и сетью. Оба конца соединения используют данный «ключ» для открывания передаваемого шумоподобного широкополосного сигнала. Или, если говорить точнее, для выделения нужной широкополосной передачи из полосы частот, т.к. передающий тракт может содержать множество соединений мобильной сети.

С точки зрения расширяющих кодов емкость соты напрямую зависит от числа скремблирующих кодов, выделенных на данную соте в нисходящем направлении (минимум равен 1). Каждый скремблирующий код имеет свой набор каналообразующих кодов, а каждая сота и каждая операция по обработке

в свою очередь требуют для работы один каналообразующий код. На практике один расширяющий код фактически равняется скремблирующему коду, умноженному на каналообразующий код. Если каналообразующий код не используется, то расширяющий код будет такой же, как и скремблирующий код. Таким образом, расширяющий код напрямую зависит от типа доставляемой информации. Обычная информация, передаваемая в соте в направлении мобильных терминалов, использует несколько каналообразующих кодов из заданного множества.

## 1.5 Радиоканалы WCDMA

Система радиодоступа WCDMA выделяет абонентам полосу частот. Эту полосу частот и функции управления ею в обиходе называют «каналом». Функциональные возможности конкретной системы WCDMA определяют, какого вида каналы необходимы и как их организовать. Как показано на рис. 4.5, каналы, организуемые в системе WCDMA, разделены на три уровня: логические каналы, транспортные каналы и физические каналы. Логические каналы представляют тип информации, подлежащей передаче, транспортные каналы показывают, как будут передаваться логические каналы, а физические каналы представляют «среды передачи», обеспечивающие радиоплатформу, которая фактически распространяет информацию.

Оглядываясь назад на вопросы архитектуры, можно заметить, что структуры каналов и их использование заметно отличаются от систем GSM. Понятие «физические каналы» означает различные типы полос пропускания, обусловленные различными задачами интерфейсов  $Uu$ . Другими словами, физические каналы фактически образуют физическую основу интерфейсов  $Uu$  между местом, в котором находится оборудование абонента UE, и зоной доступа. В системах GSM физические каналы и их структура опознаются контроллером базовой станции BSC, а в системах WCDMA они (физические каналы) распознаются на стыке  $Uu$  и в контроллере радиосети RNC, при этом структура каналов не всегда распознается полностью.

RNC «видит» не физические, а транспортные каналы. Транспортные каналы переносят различную информацию, которая проходит через интерфейс  $Uu$ , а на базовой станции БС физические элементы вставляют эти информационные потоки в физические каналы. Логические каналы — это не реальные каналы как таковые, они скорее могут быть поняты как различные задачи сети и абонентских окончаний, которые должны выполняться в определенное время. Эти частные временные структуры вписываются в транспортные каналы, что позволяет передать информацию между местом расположения UE и зоной доступа.

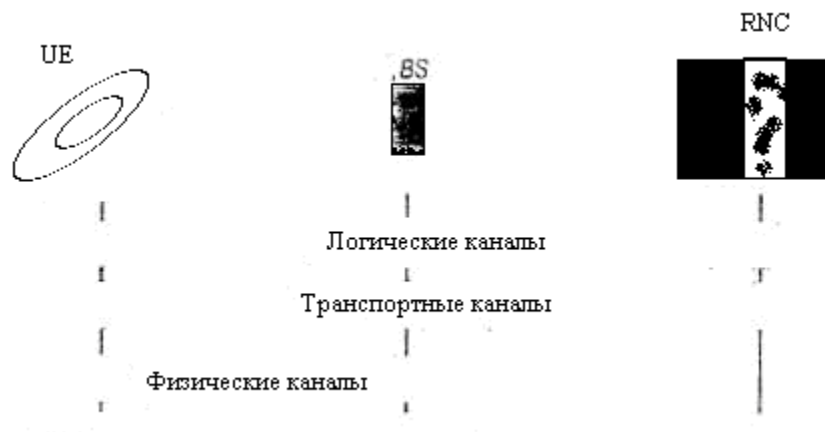


Рисунок 1.7 – Логические, транспортные и физические каналы в системе WCDMA

Говоря о логических каналах, нужно отметить, что оборудование абонента UE и сеть выполняют разные задачи. Поэтому структуры логических, транспортных и физических каналов несколько отличаются в каждом направлении. Огрубляя, можно сказать, что сеть должна выполнять следующие функции:

- Сеть должна информировать UE о состоянии радиоокружения. Это могут быть, например, значения кода или кодов, используемых в данной и соседних сотах, разрешенные уровни мощности и т. д. Этот тип информации передается в UE по логическим каналам, называемым «Каналами управления вещательного типа» — BCCH.

- Когда возникает необходимость в установлении связи с определенным абонентом (т. е. нужно установить связь с мобильным телефоном UE), то необходимо найти данный UE, определить его точное местоположение. Это требование сети, исполняемое логическими каналами, называется каналом управления поиском — PCCH.

- Сеть может выполнять различные задачи, которые являются или могут быть общими для всего абонентского оборудования UE, находящегося в соте. В таких случаях сеть использует логический канал, называемый «общим каналом управления» — CCCH. Поскольку многочисленные устройства UE могут использовать канал CCCH одновременно, то для целей идентификации они должны использовать временную систему идентификации U-RNTI (Radio Network Temporary Identity) наземной сети доступа UTRAN UMTS. После изучения принятой информации U-RNTI сеть UTRAN может направить сообщения к нужному обслуживающему контроллеру RNC.

- Когда в сети есть активные выделенные соединения, то она посылает управляющую информацию об этом по логическому каналу, называемому выделенным каналом управления — DCCH.



– Выделенный трафик: выделенный абонентский трафик для одной услуги передается в нисходящем направлении по логическому каналу, называемому выделенным каналом трафика — DTCH.

– Общий канал трафика CTCH — это однонаправленный канал, образованный только в нисходящем направлении. Он используется для передачи информации ко всем аппаратам UE данной соты или только какой-то группы UE.

Обзор организационных каналообразующих структур (организации каналов в системе) WCDMA представлен на рис. 4.6. Все показанные на рисунке транспортные каналы, за одним исключением, являются обязательными. Обязательные транспортные каналы представлены вещательными каналами BCCH, поисковыми каналами PCCH, каналами прямого доступа FACH и выделенными каналами DCH. В дополнение к ним оператор может конфигурировать сеть UTRA для использования совместных исходящих каналов DSCH и высокоскоростных совместных исходящих каналов HS-DSCH. Все эти транспортные каналы являются каналами общего пользования, за исключением выделенных транспортных каналов DCH. В этом контексте термин «выделенные» означает то, что в сети доступа UTRAN есть каналы, которые используются только определенными абонентскими терминалами. Термин «общий» означает, что несколько терминалов могут использовать каналы совместно.

Каналы BCCH обеспечивают перенос логических каналов BCCH, т. е. специфическую информацию сети UTRA в соте. Эта информация состоит, например, из кодов случайного доступа, информации об окнах доступа и о соседних сотах. Абонентское оборудование UE, для того чтобы зарегистрироваться в сети, должно уметь декодировать сигналы BCCH. Сигналы BCCH транслируются с относительно высокой мощностью, с тем, чтобы каждый абонентский терминал мог «услышать» их по всей зоне покрытия данной соты. Каналы PCCH обеспечивают перенос пейджинговой, поисковой информации и используются тогда, когда сеть инициирует соединение с определенным терминалом UE.

Каналы прямого доступа FACH передают управляющую информацию в оборудование UE, которое должно быть известно в сети. Например, когда RNC получает от терминала сообщение случайного доступа, то ответ доставляется по каналам FACH. Кроме того, по каналам FACH в нисходящем направлении может передаваться пакетный трафик. В соте может быть много каналов FACH, но один из них всегда организуется так, чтобы все оконечное оборудование, находящееся в данной соте, могло принимать по нему информацию (низкоскоростной канал). Каналы DCH передают выделенный трафик и информацию управления, т. е. логические каналы DCCH и DTCH. Следует заметить, что в зависимости от ситуации, один канал DCH может передавать несколько DTCH. Например, абонент может одновременно установить связь по видео- и аудиоканалам. Аудиоканал использует один логический канал DTCH, а канал видео требует отдельного логического канала DTCH. Тем не менее, для

обоих используется один транспортный канал DCH. С точки зрения пропускной способности цель UTRA заключается в том, чтобы использовать как можно больше общих транспортных каналов, поскольку выделенные каналы расходуют радиоресурсы. Необязательные совместные исходящие каналы DSCH — это предмет возрастающего интереса. Они предназначены для переноса пакетного трафика абонентов (т. е. логических каналов DTCH и DCCH), причем несколько абонентов могут использовать канал DSCH совместно. В этом отношении каналы DSCH значительно лучше, чем DCH, поскольку позволяют сохранить ресурсы пакетной сети в нисходящем направлении. Еще одной причиной является то, что максимум скорости в каналах DSCH и HS-DSCH может быть изменен быстрее, чем в DCH. Ожидаемое широкое использование услуг, приводящих к случайным всплескам пакетов (например, веб-серфинг), повышает заинтересованность в каналах DSCH и особенно в HS-DSCH.

Для увеличения пропускной способности передачи данных в системе WCDMA в стандарте 3GPP R5 выделено несколько новых транспортных и физических каналов. Транспортный канал HS-DSCH может использоваться несколькими мобильными устройствами совместно. Он связан с одним нисходящим выделенным физическим каналом DPCH, одним или несколькими совместно используемыми новыми высокоскоростными каналами управления HS-SCCH, а также с восходящими выделенными каналами управления HS-DPCCH для передачи информации, относящейся к информации обратной связи. Канал HS-DSCH может передаваться по всей соте или только по ее части, например для лучевых антенн. Канал управления HS-SCCH, рассчитанный на фиксированную скорость (60 кбит/с, коэффициент расширения  $SF = 128$ ), используется обычно для поддержания сигнализации в нисходящем направлении канала HS-DSCH. На физическом уровне для доставки транспортного канала HS-DSCH используется высокоскоростной физический нисходящий канал совместного использования HS-PDSCH с фиксированным коэффициентом расширения  $SF = 16$ . Если мобильный аппарат запросил разрешение на использование нескольких каналообразующих кодов в одном подкадре HS-PDSCH, то скорость передачи значительно возрастет.

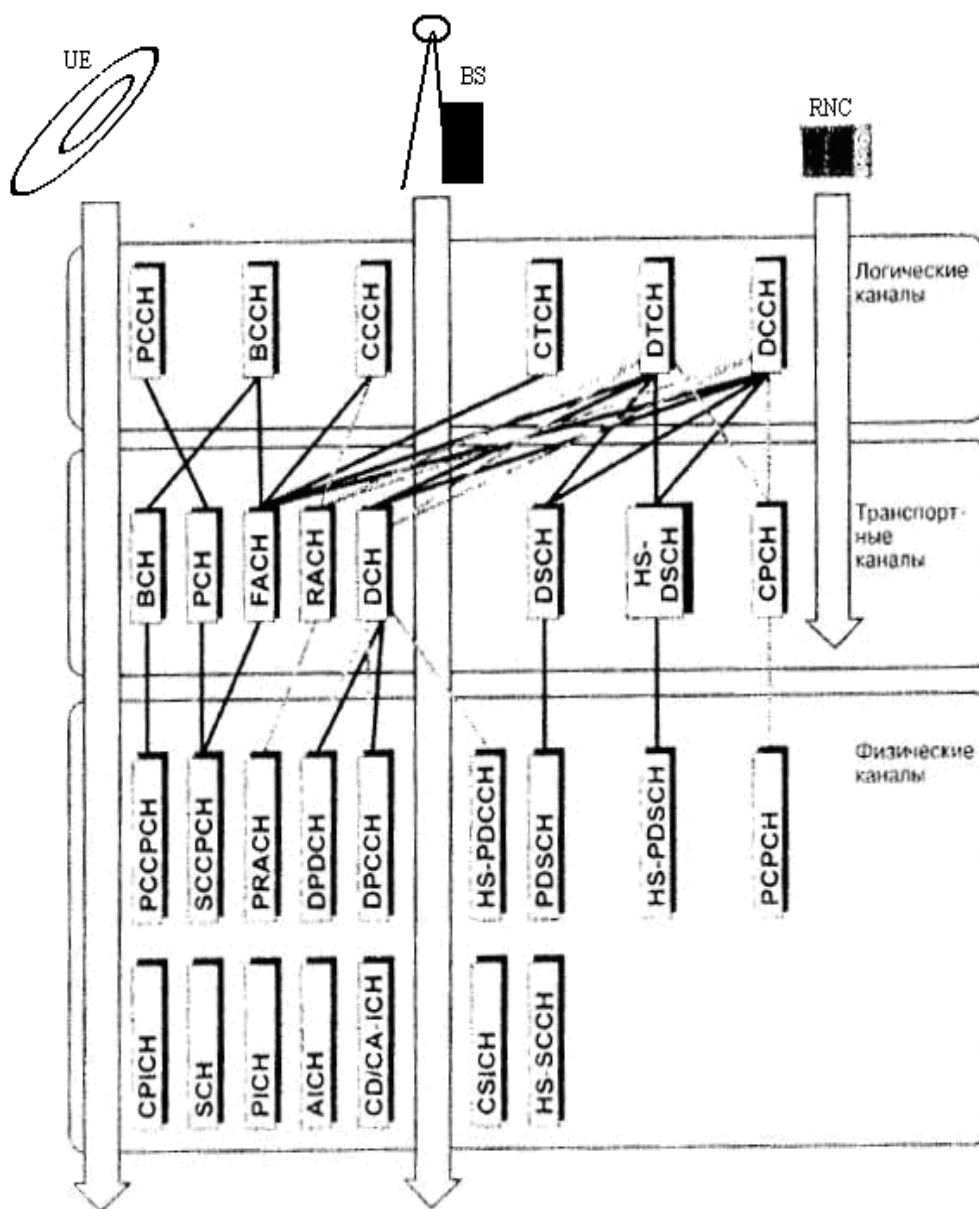


Рисунок 1.8 – Типы каналов в системе UTRAN

Общее число логических каналов, нужных в восходящем направлении, меньше. В этом направлении предусмотрено только три логических канала: CCCH, DTCH и DCCH. Аббревиатуры имеют те же значения, что и для каналов нисходящего направления.

В восходящем направлении предусмотрено три обязательных транспортных канала: канал случайного доступа RACH, выделенный канал DCH, а так же общий пакетный канал CPCH. Канал RACH передает в сеть UTRAN управляющую информацию от UE, например запрос на установление соединения. Кроме того, RACH может передавать небольшое количество пакетов данных. У выделенного канала DCH те же функции, что и в нисходящем направлении, т. е. передача информации логических каналов DCCH и DTCH по выделенным транспортным каналам. Канал CPCH

представляет собой транспортный канал, предназначенный для пакетной передачи данных. В нисходящем направлении прототипом каналов RACH и CРCH служит канал FACH.

Когда информация логических каналов собирается для передачи по транспортным каналам, то она уже находится в формате, готовом для передачи. Перед передачей транспортные каналы преобразуются для работы по физическим каналам. Другие физические каналы используются для контроля радиопередающей среды, задач модификаций и доступа.

Физические каналы используются между абонентским терминалом и базовой станцией. В соответствии со структурными сетевыми решениями, изложенными в начале, организация физического доступа, т. е. физических каналов, отделена от других уровней. Такой подход дает возможность теоретически помещать физическую среду радиодоступа ниже остальных уровней. На практике, конечно, изменение среды радиодоступа влияет на верхние уровни, но такое распределение ролей минимизирует учет таких изменений.

Первичный общий физический канал управления F-CCPCH транспортирует в нисходящем направлении каналы вещательного типа VCH. Канал P-CCPCH доступен всем мобильным терминалам, находящимся в зоне покрытия соты, т. е. все терминалы могут понимать (демодулировать) его содержимое. Из-за этого требования каналы P-CCPCH имеют некоторые характеристики, которые фактически ограничивают их по сравнению с другими каналами данной системы. Каналы P-CCPCH используют фиксированные каналообразующие коды, а, следовательно, и фиксированный коэффициент расширения. Это обязательное условие, так как в противном случае абонентские терминалы не могли бы «видеть» и демодулировать каналы P-CCPCH. Скорость передачи в канале P-CCPCH равна 30 кбит/с при коэффициенте расширения 256. Эта скорость передачи достаточно низкая, и передача ведется с относительно высокой мощностью. Если используется более высокая скорость, то помехи начинают увеличиваться, что ограничивает пропускную способность системы. Поэтому в данном специфическом случае соотношение между расширяющим кодом, передаваемой мощностью и скоростью бит может быть представлено как отклонение от основных принципов WCDMA, рассмотренных ранее, потому что в принципе есть возможность использовать более низкую мощность с заданной скоростью передачи в канале.

Вторичный общий физический канал управления S-CCPCH транспортирует два транспортных канала: PCH и FACH. Эти транспортные каналы могут использовать один и тот же или разные каналы S-CCPCH. Поэтому сота всегда содержит хотя бы один канал S-CCPCH. Скорость канала S-CCPCH фиксирована и относительно невысока по тем же соображениям, что и в канале P-CCPCH. Позднее скорость в канале S-CCPCH может быть увеличена за счет системных изменений. Канал S-CCPCH имеет переменную конфигурацию и в каждом конкретном случае может быть сконфигурирован

по-разному, чтобы оптимизировать параметры системы. Например, контрольные символы могут быть включены или нет. Относительно изменяемых параметров канала S-CCPCH следует отметить, что один из примеров увеличения возможностей системы представляет мультиплексирование в S-CCPCH информации каналов PCH и FACH и поискового канала в отдельном канале, называемом каналом пейджинговой индикации PICH.

Выделенный физический канал данных DPDCH передает выделенный абонентский трафик. Размер канала DPDCH изменяется, и он может использоваться для нескольких вызовов/соединений. Наименование «выделенный» означает, что канал используется между сетью и одним абонентом. Выделенные каналы в одном соединении всегда связываются парами: один канал для передачи управляющей информации и другой для трафика. Выделенный физический общий канал DPCCCH передает управляющую информацию в течение времени этого соединения. На рис. 4.8 показано, каким образом организованы каналы DPDCH и DPCCCH в исходящем и нисходящем направлениях.

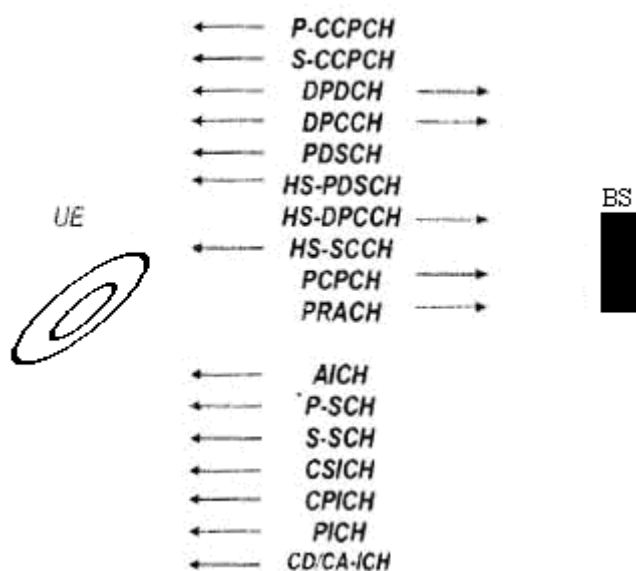


Рисунок 1.9 – Физические каналы WCDMA

В нисходящем направлении канал DPDCH, который передает данные абонента, и канал DPCCCH, передающий, например, информацию управления мощностью и скоростью данных, мультиплексируются во времени. Если информация для передачи по каналу DPDCH отсутствует, то передается импульсный сигнал типа электромагнитной помехи, что не составляет труда в нисходящем направлении. В восходящем направлении каналы DPDCH и DPCCCH разделены с помощью I/Q модуляции. При отсутствии информации для передачи в канале DPDCH шумоподобная импульсная помеха также не передается. На выходе ветвей I/Q модулятора абонентского терминала UE

фактически находится один канал, но передается по нему два информационных потока (см. рис. 4.8), использующих ресурсы одного кода.

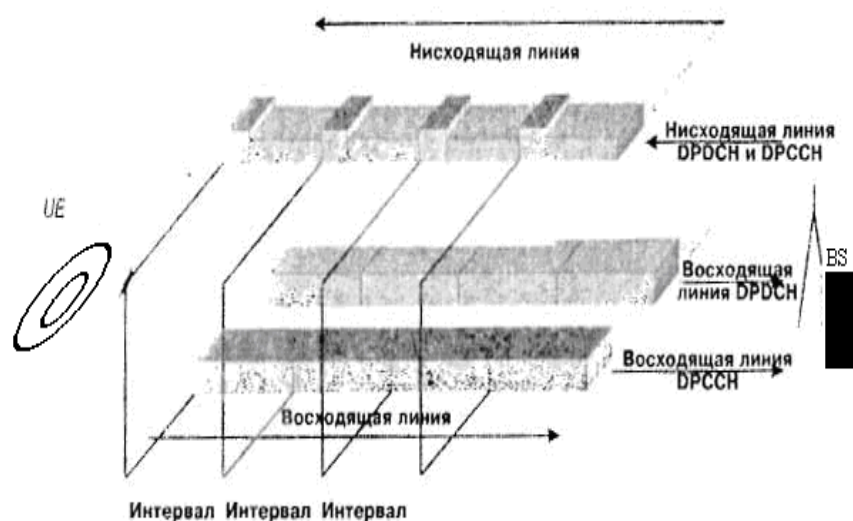


Рисунок 1.10 – Организация каналов DPDCH и DPCCCH в исходящем и нисходящем направлениях

Каналы DPDCH и DPCCCH совместно передают содержимое транспортных каналов DCH. Когда выделенные соединения используются для высокоскоростной передачи, то система вскоре начинает испытывать недостаток каналообразующих кодов в соте. В этом случае есть две возможности разрешения ситуации: либо добавить в соту новые скремблирующие коды, либо использовать каналы общего пользования для трансляции выделенных данных. Добавление скремблирующих кодов не рекомендуется из-за потери ортогональности. Вместо этого для повышения пропускной способности пакетной передачи данных можно использовать ресурсы каналов общего пользования. Нисходящие каналы DCH могут передавать информацию о том, должен ли абонентский терминал UE декодировать дополнительную информацию в нисходящем физическом канале совместного использования PDSCH. Транспортный канал DSCH использует физический канал PDSCH и, как пояснялось ранее, канал DSCH содержит необязательные параметры, которые оператор может использовать или не использовать.

Если существует необходимость в передаче пакетных данных в восходящем направлении, то емкости канала RACH может оказаться недостаточно. В этом случае оборудование абонента UE может использовать для передачи пакетов восходящую линию PCCH. Общий физический пакетный канал PCPCH представляет соответствующий физический канал восходящего направления. Аналогом канала PCCH в нисходящем направлении служит DPCCCH. Пакетный канал со случайным доступом PRACH служит для переноса информации о процедуре случайного доступа RAP (см. рисунок 1.11). По этой



процедуре обеспечивается доступ оконечных устройств к сети и может быть передан небольшой объем данных. Процедура случайного доступа включает следующие фазы:

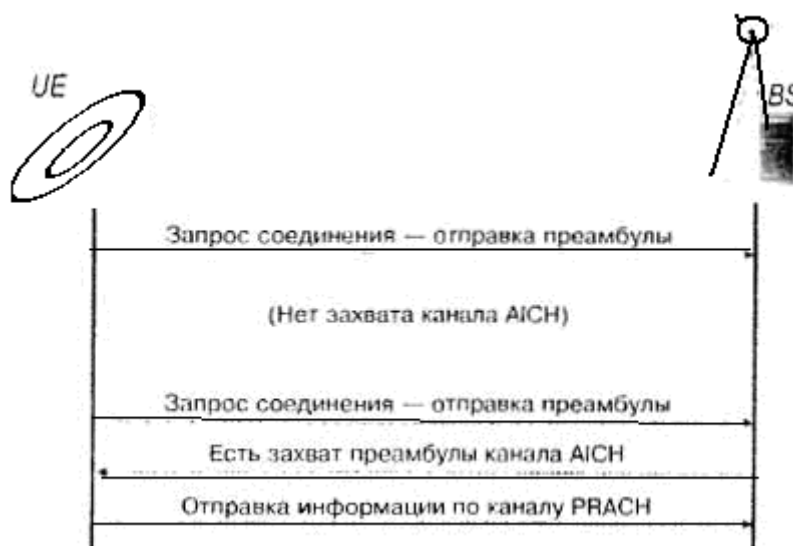


Рисунок 1.11 – Основная процедура случайного доступа

1. Терминал UE декодирует информацию BCH в канале P-CCPCH и определяет, какой канал может быть занят и какой скремблирующий код может быть использован.

2. Терминал UE случайным образом занимает для использования один канал RACH.

3. Терминал UE устанавливает для использования начальный уровень мощности (этот уровень устанавливается по уровню мощности, принимаемой по нисходящему каналу) и посылает в сеть так называемую «преамбулу».

4. Терминал UE, чтобы определить, зарегистрировала ли сеть отосланную преамбулу, декодирует сообщение в канале AICH. Если контакта нет, то UE отправляет преамбулу еще раз, но уже с более высоким уровнем мощности.

5. Если канал AICH подтверждает, что сеть зарегистрировала преамбулу, то UE посылает информацию RACH по каналу PRACH. Длина посылаемого сообщения RACH занимает один или два цикла WCDMA, составляющих 10 или 20 мс.

Канал синхронизации SCH обеспечивает абонентские терминалы UE, находящиеся в зоне покрытия, поисковой информацией. Канал синхронизации SCH фактически состоит из двух каналов — первичного и вторичного каналов синхронизации P-SCH и S-SCH. Первичный канал синхронизации P-SCH использует фиксированные каналообразующие коды, длиной по 256 бит и одинаковые во всех сотах системы. После демодуляции оборудованием UE сигнала P-SCH система входит в цикловой (кадровый) и канальный синхронизм, а также устанавливается группа скремблирующих кодов, используемых в соте.

Совмещенный контрольный канал CPICH представляет немодулированный кодом канал, скремблированный специальным кодом соты. Канал CPICH используется для приблизительной оценки выделенных каналов (по терминалам) и обеспечивает исходное расчетное количество каналов при привлечении совмещенных каналов. В этом отношении функции контрольного сигнала во многом напоминают функции настроечной последовательности, передаваемой в середине пакета GSM. Обычно в соте бывает только один контрольный канал CPICH, но может быть и два таких канала. В этом случае один из них называется первичным, а другой — вторичным. Сота может содержать вторичный канал CPICH, например, для обслуживания узконаправленного луча антенны, выделенного для районов «горячих точек». В этом случае выделенный район обслуживается вторичным каналом CPICH, а первичный канал CPICH используется по всей зоне покрытия ячейки. Терминалы непрерывно слушают контрольный сигнал, и это объясняет, почему он используется для обеспечения жизнеспособности системы, например измерений при передаче обслуживания и выравнивания нагрузки по ячейке. С точки зрения системы подстройка уровня мощности в канале CPICH выравнивает нагрузку между сотами. Терминал UE всегда отыскивает наиболее привлекательные соты, а при снижении уровня мощности в канале CPICH привлекательность соты уменьшается.

Другие каналы предназначены для индикации статуса канала CPCH (CSICH), индикации обнаруженных коллизий (CD-ICH) и индикации присвоенного канала (CA-ICH). Канал CSICH использует свободное пространство, которое образуется в канале обнаружения захвата AICH, и служит для информирования терминала UE о существовании и конфигурации канала CPCH. Для избежания коллизий, т. е. ситуаций, когда два терминала UE используют одну и ту же идентифицирующую последовательность, используются каналы CD-ICH и CA-ICH. Эти физические каналы передают в терминал UE информацию об обнаружении коллизии.

## 1.6 Структура цикла WCDMA

Для поддержания в сегменте радиодоступа между мобильной станцией и сетью надлежащих управляющих действий по управлению тактовой частотой, синхронизации, надежности передачи и т.д., сеансы передачи данных должны быть надлежащим образом организованы. Для этого в WCDMA предусмотрена структура цикла, разбитая на 15 канальных интервалов (КИ), каждый по 2мс, и, следовательно, цикл состоит из 10 мс (см. рисунок 1.12).

Исходя из этого, один цикл WCDMA может содержать:

$$\frac{0,010}{0,00000026041} = 38\,400 \text{ чипов.}$$

Один канальный интервал в цикле WCDMA содержит:

$$\frac{38\,400 \text{ чипов}}{15 \text{ КИ}} = 2560 \text{ чипов.}$$

Система WCDMA в отличие от GSM не содержит ни супер-, ни гипер-, ни сверхцикловых структур. Вместо этого циклам WCDMA присваиваются номера системы нумерации циклов SNF. Номер SNF используется для синхронизации в системе доступа UTRAN и тактовой поддержки канала BCCH.



Рисунок 1.12 – Структура цикла

Рисунки 1.12 и 1.13 иллюстрируют структуры циклов выделенных каналов в восходящем и нисходящем направлениях соответственно. Как видно из рисунков, в разных направлениях передачи выделенные физические каналы имеют различные структуры.

В случае восходящей линии структура основного цикла канала повторяет структуру цикла нисходящей линии, а главное отличие заключается в том, что выделенный восходящий канал не может рассматриваться как временной мультиплексор каналов DPDCH и DPCCCH. Из этого следует, что для физических каналов в восходящем направлении возможен многокодовый режим работы. Однако следует заметить, что в многокодовом режиме несколько параллельных каналов DPDCH передаются с использованием различных каналообразующих кодов, при этом на каждое соединение приходится только один канал DPCCCH.

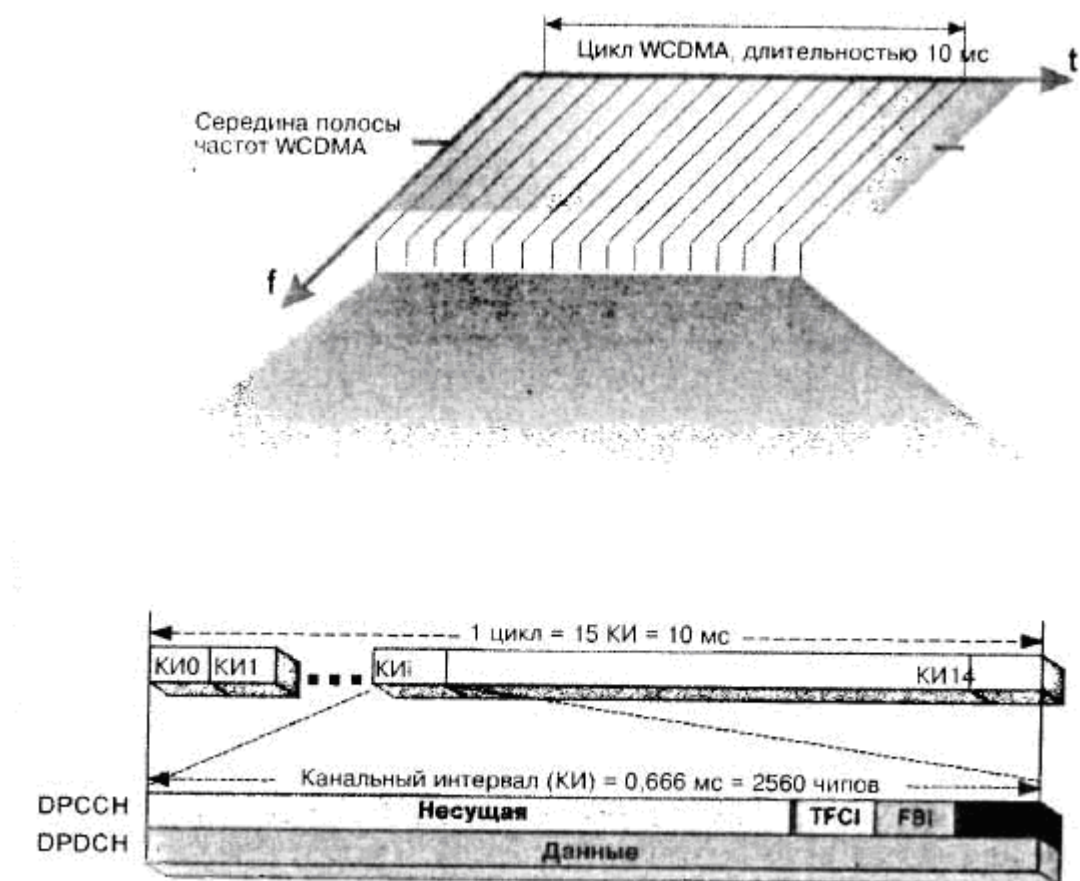


Рисунок 1.13 – Структура цикла выделенного восходящего физического канала

В восходящем направлении канал DPSSCH содержит контрольные биты для установления режима когерентного детектирования. Это биты команд управления мощностью передачи TPC, информация обратной связи FBI и устанавливаемый по требованию индикатор комбинации транспортного формата TFCI, который информирует приемник о текущих значениях параметров различных транспортных каналов, мультиплексируемых в канале DPDCH, и соответствует данным, передаваемым в этом же цикле.

В случае нисходящей линии каждый канальный интервал содержит биты управления, биты регулирования уровня мощности передачи, индикатор транспортного формата и данные.

Следует отметить, что в нисходящем канале DPCH выделенные данные, генерируемые на втором уровне или выше (т. е. DCH), передаются в режиме временного мультиплексирования с управляющей информацией, создаваемой первым уровнем (известные контрольные биты, биты команд управления мощностью TPC и устанавливаемый по требованию индикатор TFCI).

Поэтому канал DPCH может рассматриваться как система временного мультиплексирования каналов DPDCH и DPSSCH нисходящего направления. Кроме того, для достижения компромиссов при стандартизации учтены следующие соображения:

- необходимость минимизации времени непрерывной передачи мобильного телефона;
- более эффективное использование ортогональных кодов;
- необходимость минимизации времени задержки регулирования мощности с использованием сдвига канальных интервалов нисходящих каналов относительно восходящих каналов.

Структуры общих и выделенных каналов одинаковые, и основная разница между ними в том, что в совмещенных каналах биты команд управления мощностью TPC не используются.

## **1.7 HSDPA - улучшенная версия WCDMA**

На ранних стадиях развития UMTS было принято, что трафик передачи данных будет следовать тенденции, вынесенной из опыта сетей фиксированной связи, в которых доля трафика IP становилась доминирующей. Проект 3GPP уже инициировал концепцию «Только IP», которая должна была обеспечить поддержку трафика IP базовой сетью UMTS за счет введения в нее новых элементов, таких как мультимедийная подсистема IP IMS. Стало очевидным, что для увеличения общей пропускной способности передачи данных в сети следует сфокусировать усилия на развитии сети доступа UTRAN и, в частности на ее радиointерфейсе. В то же время развитие передачи данных в сети UTRAN и ее радиointерфейсе также было инициировано в 4-й редакции. В частности, уже был разработан совмещенный нисходящий канал DSCH, и он прокладывал путь к дальнейшему продвижению к высокоскоростной сети передачи данных. Введение DSCH показало, что радиointерфейс имеет достаточный потенциал для дальнейшего развития. Показатели, полученные в процессе разработки, давали основания считать, что достигнут хороший технологический и потребительский уровень развития. Наступило время для появления высокоскоростного пакетного доступа HSDPA.

В результате 5-я версия 3GPP установила требования к новой системе HSDPA для обслуживания пользователей с высокоскоростной передачей данных. Для достижения высокой пропускной способности, снижения времени задержки и выбросов интенсивности система доступа HSDPA использует адаптивные методы модуляции и кодирования AMC и гибридную автоматическую систему повторения запросов HARQ, в сочетании со скоростным планированием и процедурой смены сот. Эти методы могут рассматриваться как краеугольные камни системы пакетного доступа HSDPA, хотя в итоге усовершенствования системы UTRAN и, в частности, ее радиointерфейсов, пошли намного дальше, при этом сохранилась обратная совместимость с системами 4-й версии.

### *HSDPA - Преимущества и недостатки.*

Основное преимущество пакетного доступа HSDPA, непосредственно воспринимаемое абонентом, заключается в примерно на пять порядков большей величине скорости передачи данных — свыше 10 Мбит/с в пиковые моменты на 15 мультикодах. Это преимущество зависит от вида используемой модуляции в конфигурациях, показанных на рисунке 1.14.

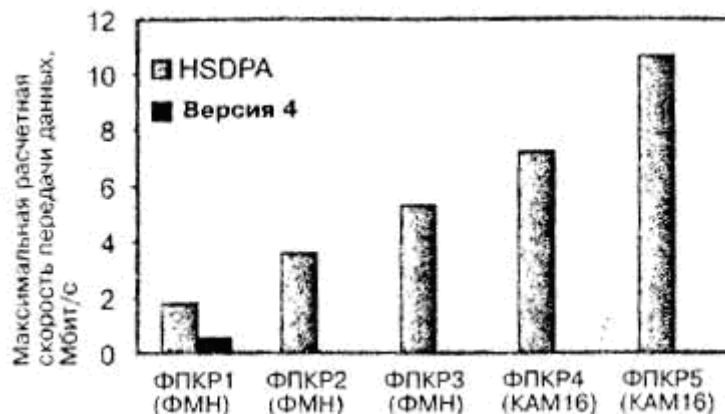


Рисунок 1.14 – Сравнение скоростей передачи данных в 4-й и 5-й версиях.  
ФПКР – формат передачи и комбинация ресурсов

В силу других факторов (таких как покрытие соты, мобильность UE, расстояние от МС до БС и число одновременно работающих пользователей), также влияющих на возможность достижения пиковой скорости, достигаемая на практике максимальная скорость передачи данных может оставаться далеко позади намеченной цели, однако она значительно улучшена по сравнению с возможностями системы доступа UTRAN 4-й версии. Кроме того, существенно снижена задержка прохождения сигнала и повышена емкость соты (почти на порядок по сравнению с совмещенным каналом DSCH микросоты 4-й версии), что также относится к преимуществам HSDPA. Все это непосредственно повлияло на эффективность использования спектра системы и на способность системы хорошо работать с централизованными службами данных. В этой связи основное внимание направлено на перенос информации, интерактивную работу и второстепенные услуги, а не услуги реального времени.

Однако пакетный доступ HSDPA также имеет свою изнаночную сторону: хотя и поддерживается совместимость с предыдущими версиями, но в сравнении с 4-й версией требуется модернизация и обновление радиоинтерфейсов и структуры сети. Изменения, вносимые пакетным доступом HSDPA в сетевую архитектуру сети UMTS и, в частности, в ее радиоинтерфейс, можно обобщить следующим списком:

- Сетевая архитектура: пакетный доступ HSDPA требует переноса значительной части функций поддержания передачи пакетов к границам сети, что по сравнению с 4-й версией приводит к более распределенной структуре сети.



– Физический уровень: новые методы адаптивной модуляции и кодирования предоставляют значительные возможности модификации структуры физического уровня, а именно структуры каналов, мультиплексирования, тактовой синхронизации и процедур, необходимых для работы системы HSDPA.

– Быстрое планирование означает более эффективную работу системы управления доступом к передающей среде MAC и ее более тесное взаимодействие с физическим слоем. Короткие циклы также могут потребовать большей производительности БС и в некотором смысле МС.

Быстрая ретрансляция может быть реализована введением большего объема управляющей сигнализации и усовершенствованных методов ретрансляции.

С учетом перечисленных примеров внедрения системы HSDPA в сеть UTRAN рассмотрим данную систему более подробно, кратко остановившись на ее основной идее, характеристиках и принципах.

#### HSDPA - Основная идея

Основная идея, положенная в основу пакетного доступа HSDPA, показана на рисунке 1.15. Изначально, в 4-й версии UMTS, трафик данных мог поддерживаться общими каналами CCH, выделенными каналами DCH и совмещенными каналами DSCH. В частности, для централизованных служб данных используются каналы DSCH, а для низкоскоростной передачи данных — каналы FACH, а также каналы DCH. Скорость передачи в каналах DCH сильно зависит от коэффициентов расширения SF, используемых в выделенных кодах. Принципиальное отличие высокоскоростного пакетного доступа HSDPA в том, что он просто использует временное разделение для передачи пакетов данных в одном канале общего пользования с мультикодами при фиксированном коэффициенте расширения SF. Внешне это выглядит просто, но требует выполнения определенных функций и

набора процедур, способных реализовать все это на практике в радиоинтерфейсах: мультиплексируемые данные должны быть должным образом спланированы, промодулированы и перенесены через радиоинтерфейс и надлежащим образом адаптированы для передачи по радиолинии. Как следствие, модернизация свойств 4-й версии UTRAN становится неизбежной.

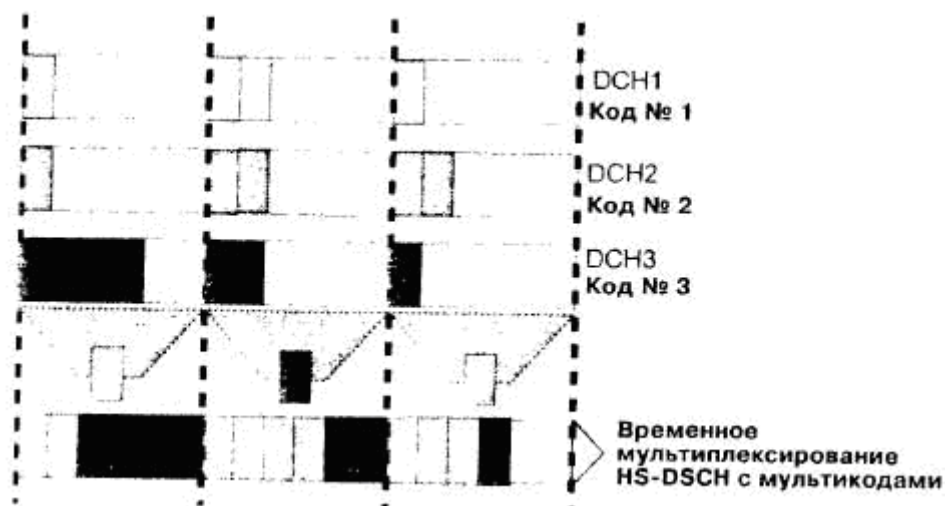


Рисунок 1.15 – Основные принципы пакетного доступа HSDPA

Рисунок 1.16 иллюстрирует основные функции и функциональные элементы, определенные в 5-й версии для осуществления основных принципов HSDPA, перечисленных выше. Основное функциональное содержание HSDPA составляют: адаптивная модуляция и кодирование AMC, быстрое пакетное планирование FPS1, автоматический повторный запрос HARQ и процедура смены соты, описанная в следующих подразделах.



Рисунок 1.16 – Основные функциональные составляющие высокоскоростного доступа HSDPA

## **2 Проектирование беспроводного доступа WCDMA в Талдыкоргане**

### **2.1 3G- и GSM-роутеры Novacom Wireless**

Бизнес-среда сегодня предъявляет более высокие требования к инструментам передачи информации, чем когда-либо раньше. Для повышения качества коммуникаций и снижения эксплуатационных расходов современное сетевое оборудование должно предоставлять возможность передачи не только данных, но и голоса и видео. С возникшей потребностью организации связи между несколькими устройствами остро встал вопрос об эффективной защите передаваемой информации и безопасности сети в целом. Все эти требования успешно реализованы в роутерах производства Novacom Wireless.

#### **2.1.1 Беспроводные роутеры Novacom Wireless**

Роутеры Novacom Wireless разработаны для беспроводного доступа в Интернет. Они могут применяться как в домашних, так и в офисных сетях, а также для решения задач в промышленных сферах. Благодаря возможности переадресации входящих портов (NAT) их можно использовать для доступа через Интернет (по GSM-сетям) к устройствам в локальной сети:

- IP-камерам, IP-микрофонам, различного вида сигнализациям с Ethernet-входом и т. д.

**2.1.2 GSM - роутер промышленного применения Novacom GNS-ER75i Twin.** GSM-роутер Novacom GNS-ER75i Twin использует технологию EDGE для надежного высокоскоростного доступа в Интернет отдельного устройства или целой Ethernet-сети (рис. 1). GNS-ER75i Twin поддерживает две SIM-карты. Он может быть использован для подключения к Интернету компьютеров и сетей, торговых автоматов и банкоматов, промышленного оборудования и систем охраны и наблюдения, а также для удаленного мониторинга и управления.



Рисунок 2.1 - GSM-роутер Novacom GNS-ER75i Twin

Этот роутер ориентирован прежде всего на промышленное применение, поэтому имеет ряд особенностей. Он снабжен крепежными отверстиями, позволяющими легко и удобно встраивать его в любое оборудование (шкафы, терминалы и т. д.). Имеет два последовательных порта (RS-232), выведенных наружу:

- один используется как Linux-консоль для решения задач, которым недостаточно веб-интерфейса;
- другой можно использовать как для функции «Интернет в последовательный порт», так и для иных нужд заказчика. Для надежной передачи данных GNS-ER75i Twin снабжен 2 слотами для SIM-карт и гибко настраиваемым алгоритмом их переключения между двумя GSM-операторами.

Роутер позволяет отправлять SMS при старте, начале и аварийном завершении соединения с Интернетом. Функция USSD-запроса баланса позволяет контролировать счет, не вынимая SIM- карты и не подключая дополнительных услуг.

При всех своих достоинствах и простоте GNSER75i Twin является полноценным VPN - роутером, позволяя построить VPN-сеть для безопасной передачи данных или промышленной автоматики на основе IPSec, GRE или OpenVPN. Возможность запустить собственный скрипт позволяет решить спектр задач, которые не описаны в веб-интерфейсе, например осуществлять дистанционный перезапуск роутера по расписанию и по команде, что обеспечивает надежную работу в условиях плохой GSM-связи.

Также роутер GNS-ER75i Twin обладает большим набором различных функций, которые легко настраиваются и удобны в использовании:

- встроенный DHCP-сервер для автоматической настройки устройств;
- проверка наличия связи с удаленным сервером;
- функция NAT для доступа к внутренним ресурсам сети извне;
- клиент DynDNS для обновления информации о доменном имени при использовании динамического IP-адреса;

- синхронизация внутренних часов с внешними источниками;
- уведомление о включении, установке или потере GPRS-соединения через SMS-сообщения;
- возможность использования SIM-карты с включенным PIN-кодом.

## 2.2 3G-роутер GNS-UR3i SOHO для организации небольшой сети

3G-роутер GNS-UR3i SOHO предназначен для выхода в Интернет небольшой сети (мини-офис или домашняя сеть), подключенной по Ethernet или Wi-Fi (рис. 2). GNS-UR3i SOHO снабжен разъемом для стационарного телефона, поэтому идеально подходит для мобильного офиса.

Достаточно подключить к роутеру ноутбук (например, по Wi-Fi) и проводной телефон, и можно уже работать в Интернете, принимать и совершать звонки, используя ту же SIM-карту, установленную в роутер.

Особенностью 3G-роутера GNS-UR3i SOHO является отсутствие внешних антенн, все антенны (3G, GSM и Wi-Fi) встроены внутрь корпуса. При этом GNS-UR3i SOHO является полноценным роутером с традиционным набором настроек, в том числе NAT и безопасного Wi-Fi. Он прекрасно пропускает любой VPN-трафик, поэтому настройка VPN-клиента из локальной сети не представляет трудностей.

Перенаправление TCP/UDP-портов позволяет использовать GNS-UR3i SOHO с внешним IP-адресом, что особенно полезно для организации видеонаблюдения. Встроенный USB-разъем позволяет использовать GNS-UR3i SOHO в качестве принт-сервера.

Основные характеристики 3G-роутера GNSUR3i SOHO:

- разъем для подключения проводного телефона;
- 4 Ethernet-порта;
- режим работы Switch;
- поддержка Wi-Fi, набор всех необходимых технологий;
- встроенные 3G/GSM- и Wi-Fi-антенны, внешняя 3G/GSM-антенна с разъемом SMA — под заказ.

3G-роутер GNS-UR3i SOHO в линейке роутеров производства Novacom Wireless является бюджетным вариантом и подходит для большинства задач.



Рисунок 2.2 - 3G-роутер Novacom GNS-UR3i SOHO

Т а б л и ц а 2 . 1 - Характеристики роутеров Novacom Wireless

Характеристика	GNS-ER75i Twin	GNS UR3i SOHO	- GNS-UR5i (EX)
GSM	EDGE/GPRS	3G (UMTS/HSDPA): 7,2 Мбит/с - загрузка, 2,0 Мбит/с - выгрузка EDGE/GPRS	3G (UMTS/HSDPA): 7,2 Мбит/с загрузка, 5,76 Мбит/с - выгрузка; EDGE/GPRS
SIM-карта	2	1	1
VPN	IPsec, open VPN, Client server	Pass through	IPSec, PPTP, L2TP Client server
Дополнительные порты	2 COM-порта	RJ11 USB	
Дополнительные функции	Консоль Linux	Принт-сервер	3G-мост
Wi-Fi		Всегда	Может быть оснащен по заказу
WAN			WAN-порт Static/DHCP/PPPoE/ PPTP/L2TP Failover (резервное переключение на 3G)



Рисунок 2. 3 - 3G-роутер Novacom GNS-UR5i (EX)



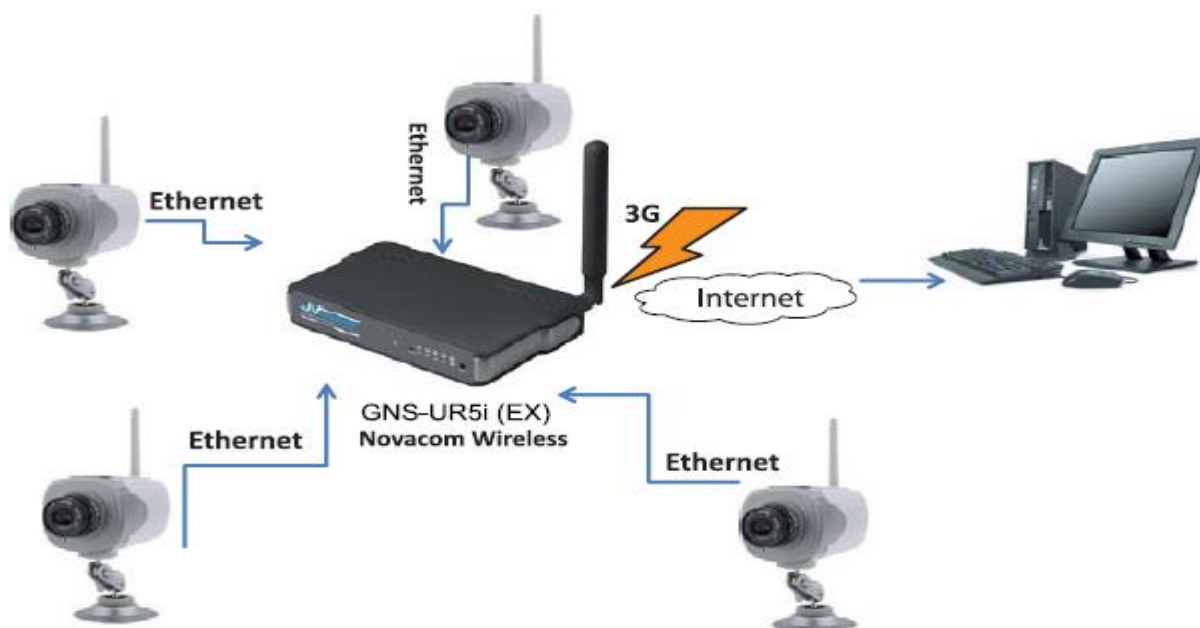


Рисунок 2.4 - Типовое применение 3G-роутера GNS-U5i (EX) в системах видеонаблюдения

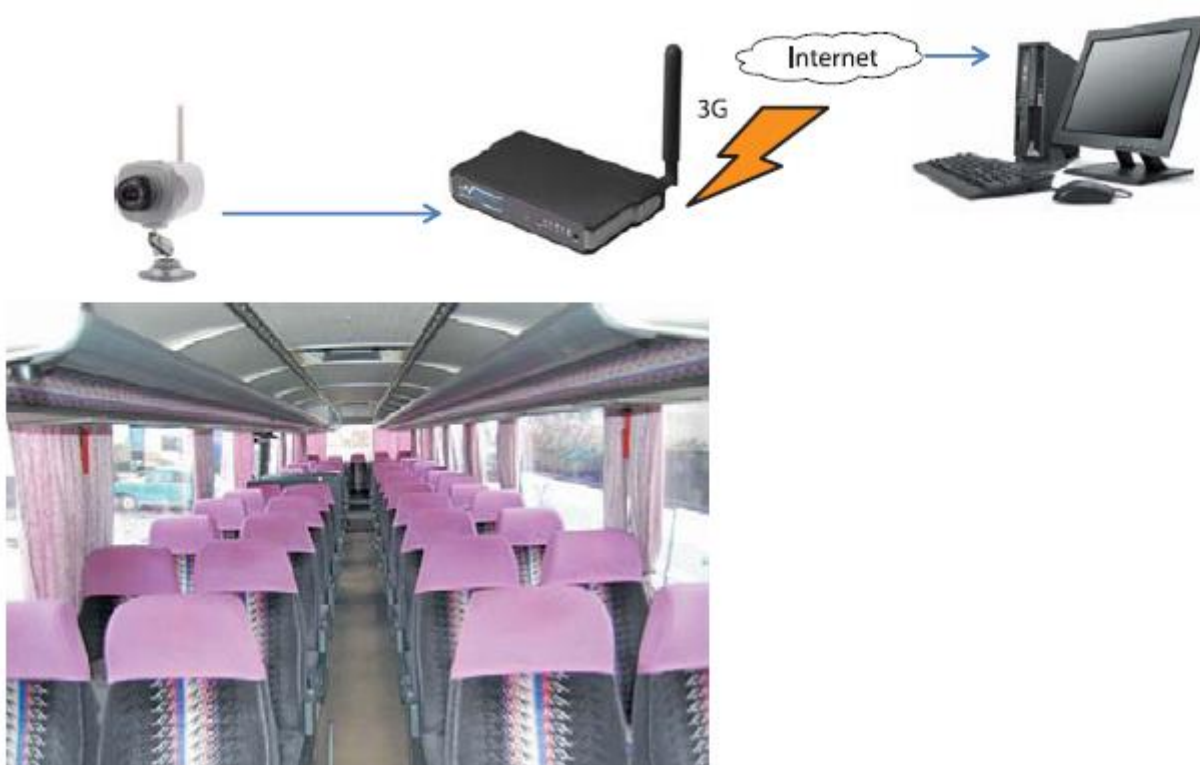


Рисунок 2.5 - Применение 3G-роутера GNS-UR5i (EX) на транспорте



Рисунок 2.6 - M2M-сервис: платежные системы



Рисунок 2.7 - Объединение офисов



Рисунок 2.8 - Организация связи для офиса

### 2.3 Структура базовой сети UMTS

Рисунок 2.9 показывает базовую сеть UMTS (UCN) по отношению ко всем остальным объектам в пределах сети UMTS и всем интерфейсам ассоциированных сетей.

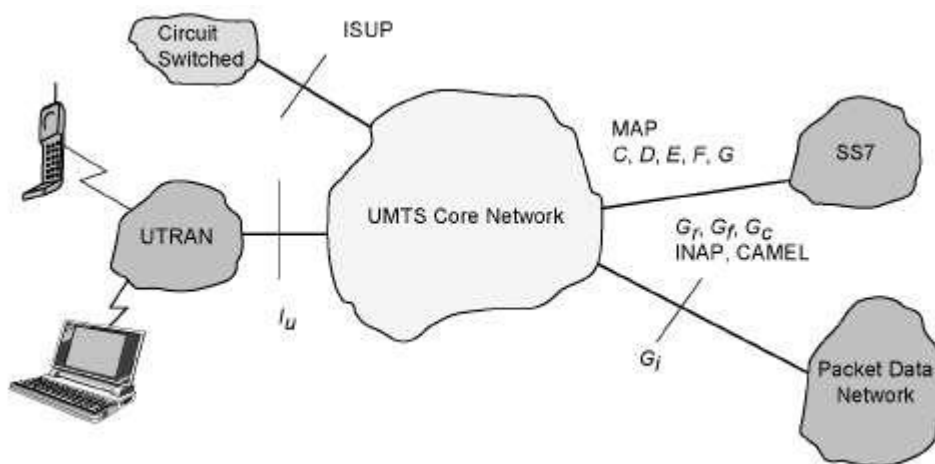


Рисунок 2.9 - Структура базовой сети UMTS

UCN состоит из объекта CS для обеспечения передачи голоса и служб данных CS для обеспечения услуг на пакетной основе. Логическая структура предполагает чёткое разделение между доменами CS и PS. Домен CS содержит

функциональные объекты: мобильный коммутационный центр (MSC) и шлюзовый MSC (GMSC) (смотрите рисунок 15.28). Домен PS состоит из функциональных объектов: обслуживающий узел поддержки GPRS (SGSN), шлюзовый узел поддержки GPRS (GGSN), сервер имён доменов (DNS), сервер динамического протокола конфигурации хоста (DHCP), шлюз оплаты пакетов, и брандмауэры. Базовая сеть может быть разделена на следующие различные функциональные области:

Функциональные объекты, нуждающиеся в поддержке услуг PS (например, 3G-SGSN, 3G-GGSN)

Функциональные объекты, нуждающиеся в поддержке услуг CS (например, 3G-MSC/VLR)

Функциональные объекты, обычные для двух типов услуг (например, 3G-HLR). Другие области, которые могут быть рассмотрены как часть базовой структуры, включают:

Сетевые системы управления (выставление счетов и обеспечение, управление услугами, управление элементами и т.д.)

Система IN (пункт управления услугами (SCP), пункт служебных сигналов (SSP), и т.д.)

Инфраструктура коммутации/транспортировки ATM/SDH/IP

Рисунок 2.10 показывает все объекты, которые соединяются с базовой сетью - UTRAN, PSTN, сеть Internet и логические соединения терминального оборудования (MS, UE), и PSTN/Internet.

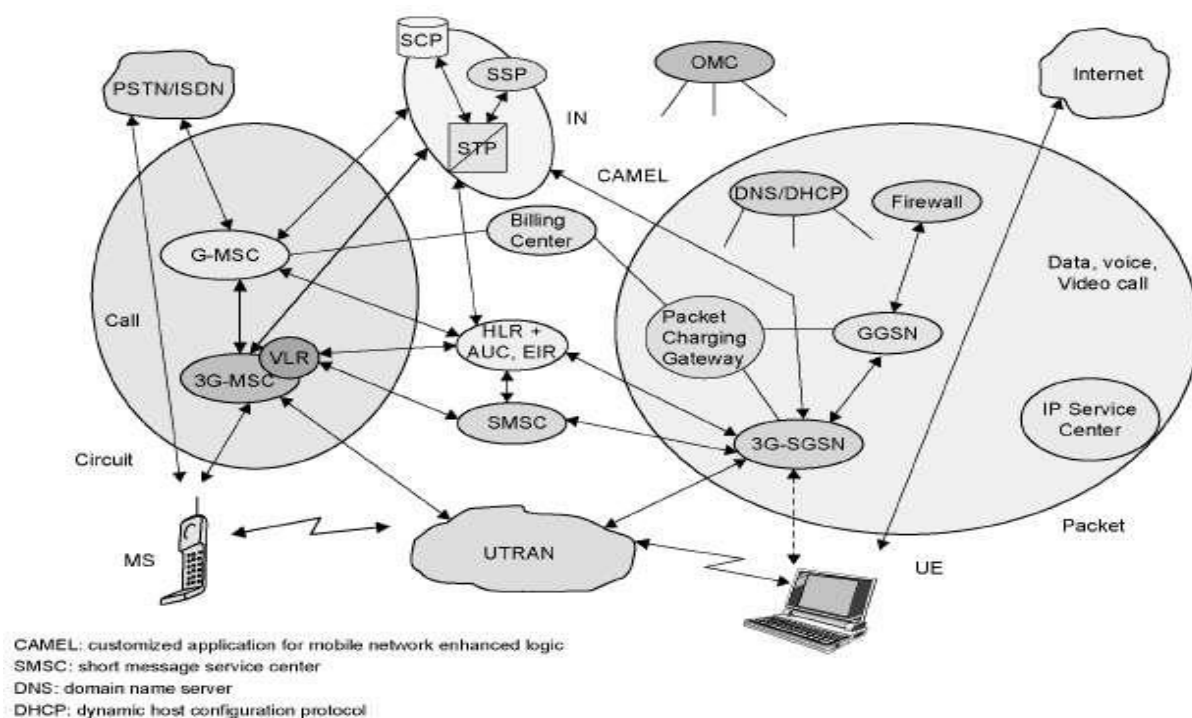


Рисунок 2.10 - Логическая структура базовой сети UMTS.

## 2.4 3G-MSC

3G-MSC является основным элементом CN для обеспечения услуг CS. 3G-MSC также обеспечивает необходимое управление и соответствие сигнальным интерфейсам, включающим SS7, MAP, ISUP (ISDN user part), и т.д. 3G MSC обеспечивает взаимное соединение с внешними сетями, таким, как PSTN и ISDN. 3G-MSC обеспечивают следующие функциональные возможности:

Управление мобильностью: занимается прикреплением, аутентификацией, обновляет HLR, повторное размещение SRNS, и передачей вызовов от сим-системы к системе.

Управление вызовами: имеет дело с сообщениями об установке вызовов от/к UE.

Дополнительные услуги: занимается дополнительными услугами, имеющими отношение к вызовам, такими, как ожидание вызова и т.д.

Услуги передачи данных CS: IWF обеспечивает адаптацию скорости и перевод сообщений в схематический режим услуг передачи данных, таких, как факсимильные сообщения.

Кодирование голоса

Интерфейсы SS7, MAP и RANAP: 3G-MSC имеет возможность завершить исходящие или поступающие в сеть вызовы во взаимодействии с другими объектами мобильной сети, например, HLR, AUC (центр аутентификации). Он также контролирует/соединяется с RNC при помощи RANAP, где могут использоваться услуги SS7.

Соединение ATM/AAL2 с UTRAN для транспортировки трафика в пользовательской плоскости через интерфейс Iu. Более высокая скорость передачи данных CS может быть поддержана при использовании другого уровня адаптации.

Служба коротких сообщений (SMS): Эта функциональная возможность позволяет пользователю посылать и принимать данные в виде SMS в и из SMS-GMSC/SMS-IW MSC (взаимодействие MSC).

Функциональная возможность VLR: VLR является базой данных, которая может быть размещена в пределах 3G-MSC и может служить как промежуточное хранилище абонентских данных с целью поддержки мобильности абонента.

IN и CAMEL.

Функциональная возможность агента OAM (эксплуатация, администрирование, сопровождение).

### 2.4.1 Сети 3G и пул узлов SGSN.

Пул SGSN позволяет оптимизировать использование ресурсов SGSN, обеспечивает их резервирование на сетевом уровне, упрощает подходы к эксплуатации, техобслуживанию и расширению сети, что, в конечном итоге,

положительно сказывается и на оценке абонентами качества услуг, и на финансовых показателях оператора.

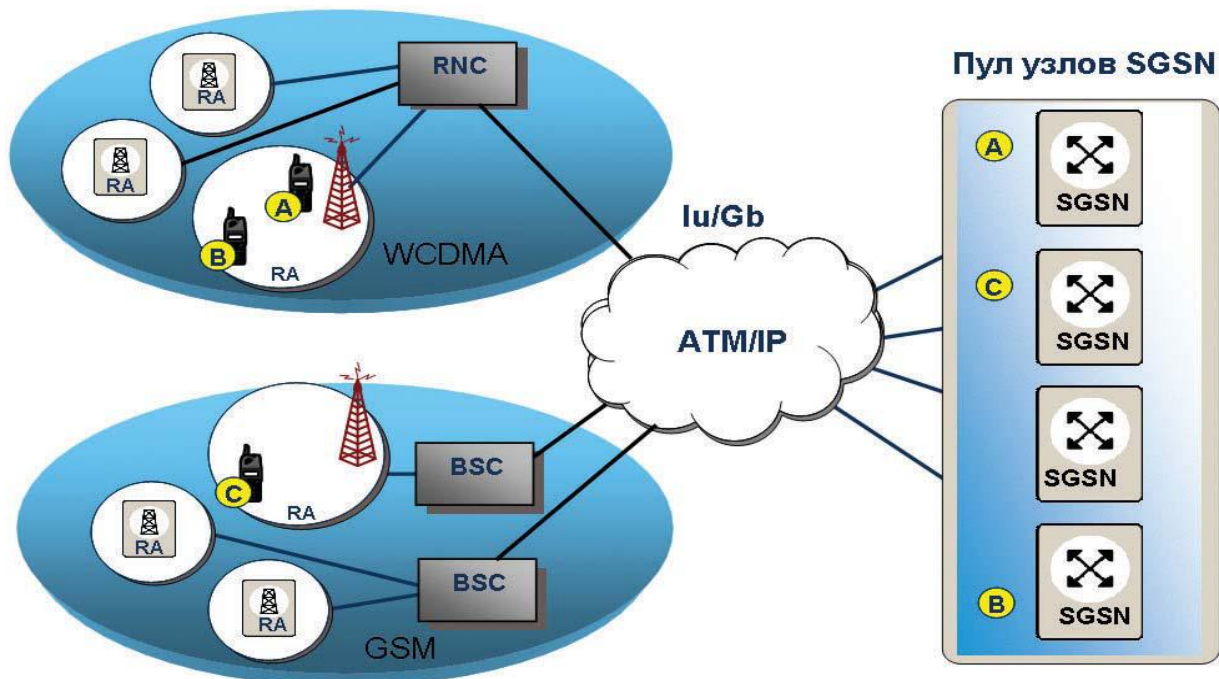


Рисунок 2.11 - Концепция пула SGSN узлов

В данной главе рассмотрены функциональные блоки, которые используются при проектировании 3G сети в г. Алматинской области.



### 3 Расчет зоны покрытия для цифрового эфирного вещания DVB-T/H

Приводятся инженерные методы расчета зон покрытия (зон обслуживания) эфирным цифровым вещанием (DVB-T и DVB-H) на базе зарубежных источников и на основе собственных изыскательных работ.

Работа DVB-T/H мобильных терминалов осложнена тем, что очень близко по частоте в сотовом телефоне работает передатчик стандарта GSM (рисунок 3.1).



Рисунок 3.1 - Работа DVB-T/H мобильных терминалов

Красным цветом на рисунке 3.1 отмечен частотный диапазон на передачу, а желтым – на прием. Защитный частотный интервал между передающим каналом сотовой связи (рисунке 3.2) и диапазоном DVB-T/H составляет всего 18 МГц, что является очень малым значением. Значительно облегчена в плане защиты работа в стандартах GSM1800 и WCDMA (рисунок 3.1) [8,9,10].

Передаваемый сигнал сотовой связи является очень высоко-мощным по отношению к принимаемым DVB-H сигналам. Сигнал передатчика GSM900 будет являться наихудшим случаем (очень близок по частоте), его типовая мощность составляет +33 dBm (2 Вт). Значительная часть этой передающей мощности с развязкой порядка 10 dB из антенны сотового передатчика поступает в приемную антенну DVB-H приемника, в силу чего, при отсутствии какой-либо информации, мешающая мощность на входе DVB-H приемника составляет порядка +23 dBm (~200 мВт). Столь высокий интерференционный уровень неизбежно вызовет такие блок-эффекты как резкое снижение чувствительности приемника и мощную перекрестную модуляцию.

Для устранения нежелательного воздействия мощного мешающего сигнала передатчика сотовой связи перед DVB-H приемником устанавливают полосовой GSM режекторный фильтр с глубиной режекции не хуже 50 dB. Наличие такого режекторного фильтра вносит потери во входном тракте порядка 1 dB и, следовательно, ухудшение коэффициента шума приемника на 1 dB (например, с 5 dB на 6 dB).



Более того, следует добавить, что передатчик GSM900 неизбежно будет вносить и собственные шумы в полосу канала DVB-H приема. Например, собственная шумовая мощность GSM900 передатчика, проникающего на вход DVB-H приемника, составляет типовое значение -80 dBm (в полосе канала 7,61 МГц). Чувствительность же DVB-H приемника обычно много выше (например, -88,9 dBm для режима 16QAM с  $CR = 1/2$ ). В силу этого, чтобы ухудшить чувствительность DVB-H приемника «только» на 3 dB, выходной шум передатчика должен быть не выше -105 dBm в полосе одного DVB-H канала.

Такая проблема на практике является очень серьезной для стандарта GSM900 и практически отсутствует для стандарта GSM1800. Для стандарта WCDMA (любой стандарт семейства CDMA) проблемы не существует из-за используемого дуплексного фильтра (рисунок 3.2).



Рисунок 3.2 - Дуплексный фильтр для стандарта WCDMA

В силу этого, в комбинированных мобильных терминалах стандарта GSM1800 используют дополнительный полосовой фильтр диапазона 470-702 МГц (шумовую мощность передатчика понижают до уровня ниже -105 dBm), а само DVB-H вещание рекомендуют вести на частотах ниже к.49 (центральная частота — 698 МГц).

Приводимые методы расчета носят практический, прикладной инженерный характер.

Как отмечалось в [1], определение зоны покрытия (ЗП) передатчиком является наиважнейшим критерием для расчета сети в целом (особенно для разветвленных одночастотных сетей — SFN). Расчет ЗП с учетом реально имеющегося ландшафта местности является довольно трудоемкой операцией и под силу только подготовленным специалистам.

Даже на самой ранней стадии сетевого планирования неизбежно возникает основной вопрос: какова будет аудитория (зона обслуживания) при выбранной мощности передатчика, или обратная задача: какова должна быть мощность передатчика для формирования требуемой ЗП?

Зоной покрытия (обслуживания) принято называть территорию, на границе которой гарантируется прием с заданным качеством [2]. Понятие «гарантируется» весьма условно, поскольку в действительности качество приема зависит от множества факторов: параметров STB, характера местности, времени суток и года и т.п. Границу ЗП определяют как геометрическое место точек, в которых значения напряженности поля  $E$  равны нормируемым (т.е. минимально допустимым) значениям в течение времени  $T$  в  $L\%$  мест приема. Обычно поле характеризуется средним уровнем, называемым медианным  $E_{\text{мед}}$ .

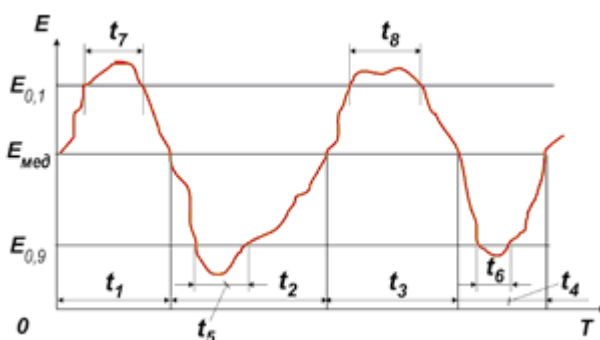


Рисунок 3.3 - Уровень, превышаемый в 50% времени приема

Это уровень, превышаемый в 50% времени приема (рисунок 3.3). Характеризуя средний уровень принимаемого сигнала, медианный уровень не отражает его отклонения от среднего значения, т.е. глубины замирания или превышения. Два сигнала с одинаковым медианным уровнем могут претерпевать разные отклонения. Кроме медианного, используют также значения уровней, превышаемых в течение другого заданного времени приема  $T$  в процентах и записываемых как  $E(T)$ . Тогда медианный уровень  $E_{\text{мед}} = E(50)$ , а уровни, превышаемые в течение 90 и 10%, —  $E(90)$  и  $E(10)$  (иногда обозначаются как  $E_{0,9}$  и  $E_{0,1}$  соответственно). Случайные изменения напряженности бывают быстрые и медленные (не следует путать их с регулярными суточными и сезонными изменениями уровня напряженности поля). Быстрые, случайные изменения поля длительностью от долей секунд до минут обязаны интерференционным явлениям, и они подчиняются закону распределения Рэлея (например, кривая 1 на рисунке 3.3). Медленные же изменения связаны с изменениями метеорологических условий и подчиняются нормальному логарифмическому закону (прямая 2 на рисунке 3.4). По функции распределения уровней можно определить время, в течение которого уровень принимаемого сигнала будет отличаться от медианного на заданное значение (например, на 3 dB), и наоборот.

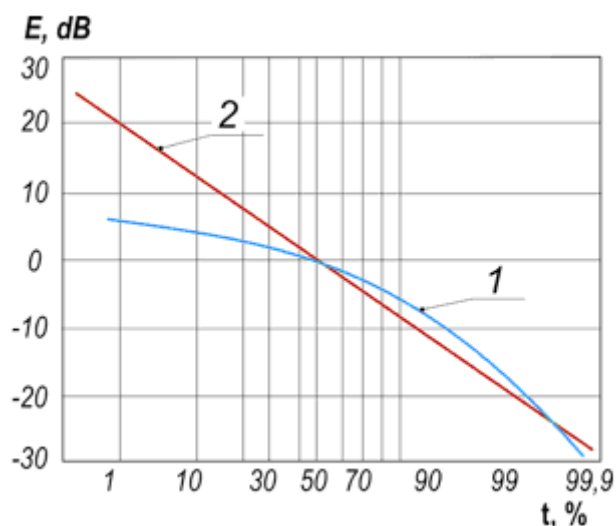


Рисунок 3.4 - По функции распределения уровней

Уровень сигнала зависит и от местных (локальных) условий приема, изменяясь от точки к точке (например, на 10 м и 100 м). Эти условия оговариваются процентом мест  $L$ , в которых напряженность поля превышает указанный уровень и обозначается как  $E(L)$ . Распределение  $E(L)$  также подчиняется нормальному логарифмическому закону. Обычно напряженность поля записывают как  $E(T, L)$ .

Наиболее часто, на практике, напряженность поля выражается в логарифмических единицах, как  $\text{dB}\mu\text{V}/\text{м}$  ( $\text{дБмкВ}/\text{м}$ ). Абсолютное значение напряженности поля связано с логарифмическими простыми соотношениями:

$$\begin{aligned} E_{(\text{dB}\mu\text{V}/\text{м})} &= 20 \lg E_{(\mu\text{V}/\text{м})}; \\ E_{(\mu\text{V})} &= 10^{(E_{[\text{dB}\mu/\text{м}]} / 20)}. \end{aligned} \quad (3.1)$$

Напомним читателям, что антенна представляет собой пассивное взаимное устройство, а уровень получаемого сигнала на выходе антенны  $U_{\text{вых}}$  зависит от напряженности поля  $E$ , частоты канала  $f$  и ее коэффициента усиления относительно полуволнового вибратора  $G_a$ :

$$U_{\text{вых}}[\text{dB}\mu\text{V}] = 33,6 + E_{[\text{dB}\mu\text{V}/\text{м}]} + G_{a[\text{dB}]} - 20 \lg(f)_{[\text{МГц}]}. \quad (3.2)$$

На рисунке 3.5 представлены зависимости  $U_{\text{вых}} = f(E)$  на разных частотах для полуволнового вибратора, т.е. для  $G_a = 0 \text{ dB}$ . Напряженность поля  $E$  зависит от эффективно излучаемой мощности передатчика  $P_{\text{ЭИМ}}$  (определяется произведением мощности передатчика  $P$  на коэффициент усиления  $G$  в данном направлении, т.е.  $P_{\text{ЭИМ}} = PG$ ) и его удаленности  $R$  от рассматриваемой точки приема:

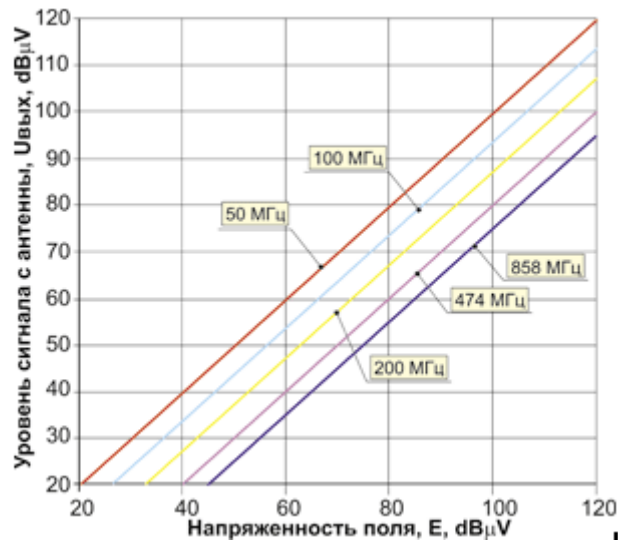


Рисунок 3.5 - Зависимость  $U_{\text{вых}} = f(E)$  на разных частотах для полуволнового вибратора

$$E_{[dB\mu V / M]} = 106,5 + P_{[kBm]} + G_{[dB]} - 20 \lg R_{[км]}. \quad (3.3)$$

Выражение (3.3) справедливо только для свободного пространства с однородной непоглощающей средой с  $\epsilon = 1$ . Иными словами, выражение (3.3) «работает» только при очень высоких подъемах передающей и приемной антенн, т.е. когда влиянием Земли можно пренебречь. Естественно, что на практике такие условия встречаются крайне редко, и затухание радиоволн существенно больше, особенно за пределами прямой оптической видимости (рисунок 3.6):

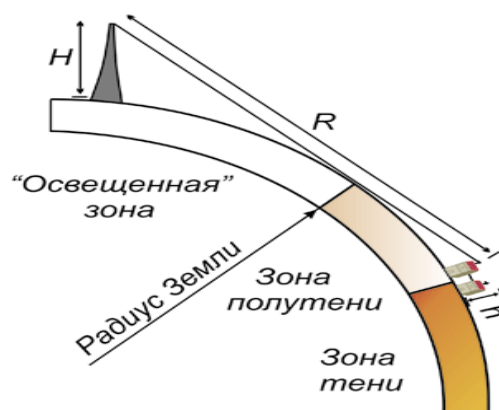


Рисунок 3.6 - Затухание радиоволн

$$R_{0[км]} = 3,57(\sqrt{H_{[М]}} + \sqrt{h_{[М]}}). \quad (3.4)$$

На практике чаще пользуются дальностью радиовидимости, которая несколько больше оптической из-за частичной дифракции и слабой рефракции в нижних слоях атмосферы:

$$R_{P[км]} = 4,12(\sqrt{H_{[М]}} + \sqrt{h_{[М]}}). \quad (3.5)$$

Расчет ЗП в самом общем случае сводится к решению двух уравнений:

1. Расчет минимально допустимой напряженности поля  $E_{\min}$ , необходимой для нормальной работы приемного комплекса (например, мобильного терминала DVB-H).

2. Расчет реальной напряженности поля от действующего передатчика для заданных условий распространения —  $E(T, L)$ .

Приравняв эти два значения напряженности поля, вычисляют «дальнобойность» передатчика при заданных условиях приема. Остановимся сначала на расчете минимально допустимой напряженности поля  $E_{\min}$ .

Из теоретических основ электротехники известно, что напряженность поля  $E$  в точке приема определяется по формуле:

$$E = \sqrt{4\pi\eta \cdot \frac{P_{\text{ВХ}}}{G_a} \frac{f}{c}}, \quad (3.6)$$

$$\eta = 120\pi, \text{ Ом}$$

где  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$  — скорость света;

$P_{\text{ВЫХ}}$  — требуемая выходная мощность.

Выражение (3.6) удобно переписать в логарифмическом виде, сделав соответствующие численные подстановки и преобразования:

$$E_{[дБ\muВ / М]} = P_{\text{вых}[дБм]} + G_a [дБ] + L_{\text{GSM}} + 77,2 + 20 \lg f_{[МГц]}. \quad (3.7)$$

Здесь  $L_{\text{GSM}}$  — потери режекторного фильтра, иногда устанавливаемого на выходе приемной антенны для подавления сигналов сотовой связи европейского стандарта GSM900.

Потери режекторного фильтра  $L_{\text{GSM}}$  в полезном диапазоне частот (т.е. до 862 МГц) обычно суммируют с коэффициентом шума приемного DVB-H терминала и в дальнейших расчетах не учитывают.

Минимальный уровень входной мощности (см. выражение 7) определяется шумовой температурой приемной антенны  $T_A$ , полосой канала  $\Pi$  (7,61 МГц для российского стандарта), коэффициентом шума  $F$  (для проведения

расчета ЗП рекомендуется задаваться значением в 6 dB с учетом потерь режекторного фильтра) и отношением несущая/шум (C/N):

$$P_{BX.min[dBm]} = 10\lg(kT_A\Pi) + F_{[dB]} + C / N_{[dB]}, \quad (3.8)$$

где  $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$  Дж/К — постоянная Больцмана.

Остановимся несколько подробнее на шумовой температуре  $T_A$ . Понятие шумовой температуры антенны — несколько абстрактное понятие. Сама по себе антенна, как «железо», фактически не шумит. Тем не менее, она принимает эфирные шумы, основными из которых в рассматриваемом диапазоне частот (50-1000 МГц) являются шумы космоса, промышленные шумы, шумы Земли и атмосферные шумы (ночные шумы много больше дневных). Шумовая температура антенны в зависимости от времени года и суток изменяется довольно в широких пределах (такие изменения явно проявляются на частотах менее 400...500 МГц).

В 1995 году С.Н. Песковым на базе зарубежных публикаций было получено эмпирическое выражение для расчета  $T_A$  в широком диапазоне частот:

$$T_A = \frac{T_0}{2} \left[ \left( \frac{500}{f} \right)^2 + 1,5 \right]. \quad (3.9)$$

В этом выражении  $T_0=293^\circ$  К — нормальная шумовая температура, а частота подставляется в МГц (как и в последующих выражениях). Недостатком выражения (3.9) является только тот факт, что его неудобно логарифмировать, т.е. получать простые аналитические удобные выражения. На практике можно использовать и другую эмпирическую формулу (пригодную для логарифмирования):

$$T_A = T_0 \left( \frac{800}{f} \right)^{\sqrt{2}}. \quad (3.10)$$

Может быть рекомендована и третья формула:

$$T_A = T_0 \left( \frac{1200}{f} \right)^2 + T_0. \quad (3.11)$$

На рисунке 3.5 для сравнения приведены частотные зависимости всех трех формул (3.9-3.11). Обратив внимание на все три графика, можно заметить, что шумовая температура антенны в диапазоне ДМВ  $T_A = 300$ К с погрешностью не более  $\pm 1,5$  dB. Именно это значение и рекомендовано к инженерным расчетам согласно [3,4]. Тогда минимальное значение напряженности поля  $E_{min}$  (3.7) с учетом (3.8) запишется в удобном для расчета виде:

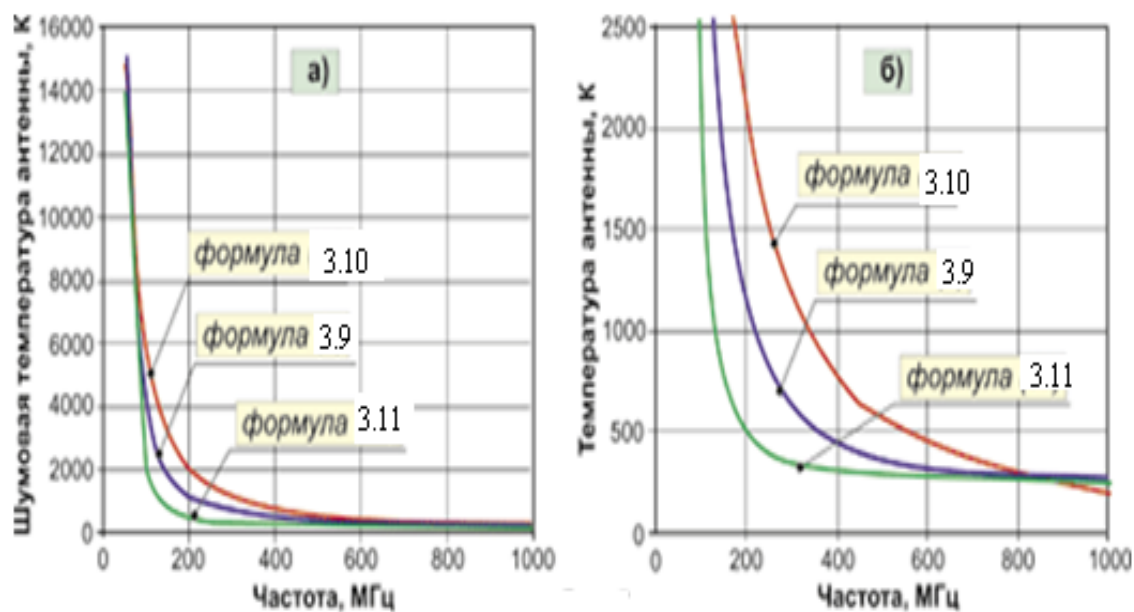


Рисунок 3.7 - Частотные зависимости всех трех формул (3.9-3.11)



$$T_0 := 293 \text{ K}$$

$$T_{A1}(f) := \frac{T_0}{2} \left[ \left( \frac{500}{f} \right)^2 + 1.5 \right]$$

$$T_{A2}(f) := T_0 \left( \frac{800}{f} \right)^{\sqrt{2}}$$

$$T_{A3}(f) := T_0 + \left( \frac{1200}{f} \right)^2$$

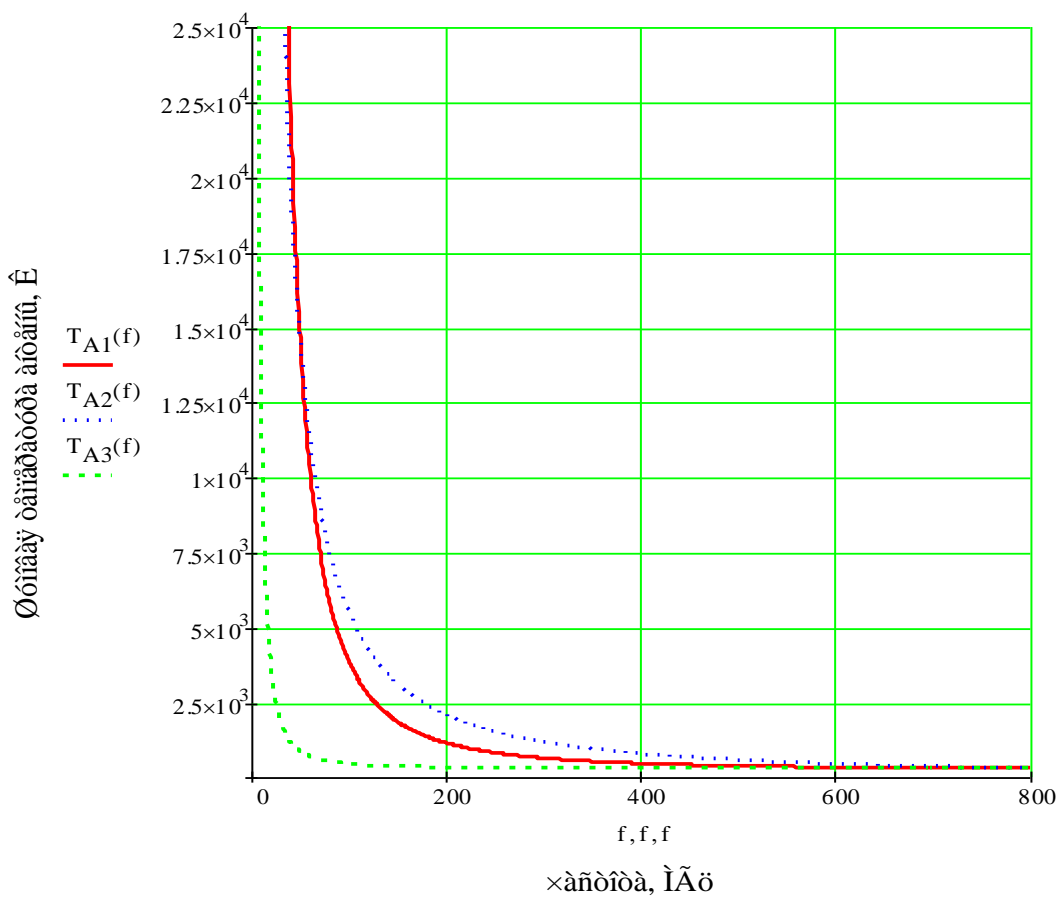


Рисунок 3.8 – График шумовой температуры антенны в диапазоне ДМВ

$$E_{\min [dB\mu V / M]} = -30 + F + C / N - G_A + 20 \lg f. \quad (3.12)$$

Специфика расчета ЗП для DVB-H сигналов заключается в том, что данный вид приема может являться мобильным, т.е. осуществляться в

движении. При перемещении же мобильного терминала возникает Допплеровский сдвиг по частоте  $f$ , пропорциональный радиальной скорости (относительно вещательного центра) перемещения терминала (рисунок 3.8):

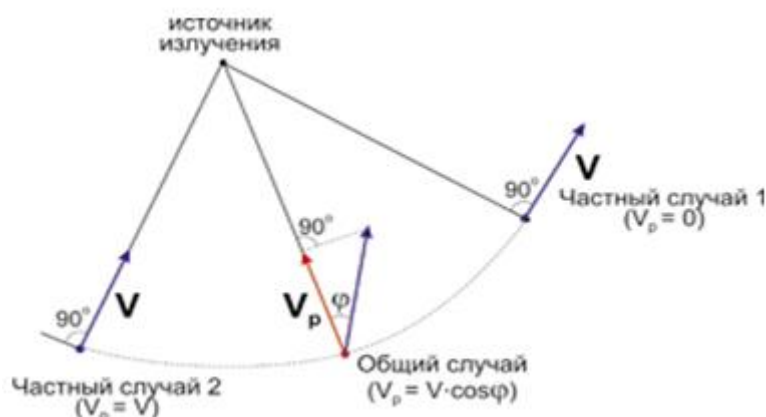


Рисунок 3.9 - Допплеровский сдвиг по частоте  $f$

$$\Delta f = f \cdot \frac{V}{C} \cdot \cos \varphi, \quad (3.13)$$

где:  $V$ - абсолютная скорость движения приемника;

$f$ - несущая частота источника излучения;

$c$ - скорость света;

$\varphi$  - угол между направлением движения приемника и направлением на источник излучения ( $V_r = V_{\cos}$  - радиальная скорость передвижения).

Воздействие Допплеровского частотного сдвига воспринимается приемником как шум (помеха), вносящий свой вклад в межнесущую интерференцию (Intercarrier interference — ICI). таким образом, ICI пропорциональна радиальной скорости движения приемника ( $V \cdot \cos \varphi$ ) и более выражена на высоких частотах. При значительных уровнях ICI (для борьбы с ней используются специальные методы обработки сигналов) демодуляция COFDM сигнала (ортогональные поднесущие) становится невозможной. Именно наличие Допплеровского сдвига по частоте ограничивает максимальную скорость движения мобильного терминала. Математически доказано, что при появлении Допплеровского смещения  $F_d$ , близкого к предельному значению  $F_d \cdot \max$ , требуемое  $C/N$  очень резко увеличивается (рисунок 3.10). Для расчета максимально допустимой радиальной скорости перемещения объекта принимается Допплеровская частота  $F_{d3dB}$ , при которой требуемое  $C/N$  превышает свое минимальное значение на 3 dB (см. Рисунок 3.10).



Рисунок 3.10 - Требуемое  $C/N$  превышает свое минимальное значение на 3 dB

Очевидно, что режим 2k будет самым устойчивым по отношению к Доплеровскому смещению по частоте (т.е. к возможности мобильного приема на максимально возможных скоростях), так как частотный разнос между несущими в этом случае максимален.

Следует сказать несколько слов о коэффициенте усиления встроенной антенны в мобильном терминале. Очевидно, что габариты такой антенны будут малыми в сравнении с длиной волны ( $< 1/10$ ), что даже при наличии индуктивных удлинителей (специально встраиваемая индуктивность, компенсирующая емкостную составляющую) и согласующих устройств дает низкий коэффициент усиления антенны (GA). Напомним, что расчетной частотой для любого цифрового DVB канала является центральная частота выделенного TV канала.

### 3.1 Проверка норм на готовность

Нормы на готовность зависят от длины пролета и определяется суммой времени ухудшения связи из-за дождя и субрефракцией радиоволн.

Величина  $T_{доп}$  определяется по (3.14).

$$T_{доп} = 0.3 * L / 800 \quad . \quad (3.14)$$

Принимаем:  $L = R_0 = 4,2 \text{ км}$ .

Произведем расчет по (3.31):

$$T_{доп} = 0.3 * 4,2 / 800 = 0,001575 \quad \%$$

Проверим выполнение условия по (3.15).

$$T_{\text{доп}} \geq T_0 + T_g + T_{\text{инт}} \quad (3.15)$$

$$T_0 + T_g + T_{\text{инт}} = 0,0005 + 9,924 \cdot 10^{-11} + 10^{-5,73} = 0,5015 \cdot 10^{-3} = 0,0005019(\%)$$

$$0,001575 \geq 0,0005019$$

Условие выполняется, связь устойчива.

### **3.2 Расчет времени ухудшения связи из-за многолучевого распространения радиоволн с использованием языка программирования Delphi**

На рисунке 3.10 представлено окно программы расчета.

Листинг программы представлен ниже:

```
unit Unit1;

interface

uses
  Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
  Dialogs, StdCtrls, ExtCtrls;

type
  TForm1 = class(TForm)
    EdtB: TEdit;
    EdtC: TEdit;
    Edth1: TEdit;
    Edth2: TEdit;
    EdtRo: TEdit;
    Edtf: TEdit;
    LbB: TLabel;
    LbC: TLabel;
    Lbh1: TLabel;
    Lbh2: TLabel;
    LbRo: TLabel;
    Lbf: TLabel;
    LbFt: TLabel;
    EdtFt: TEdit;
    Button1: TButton;
    LbPl: TLabel;
```

```

EdtPl: TEdit;
ImgTheory: TImage;
Label1: TLabel;
LbAnsw: TLabel;
LbKkrAnsw: TLabel;
LbEpAnsw: TLabel;
lbQAnsw: TLabel;
procedure Button1Click(Sender: TObject);
private
  { Private declarations }
public
  { Public declarations }
end;

var
  Form1: TForm1;

implementation

{$R *.dfm}

// Расчет
procedure TForm1.Button1Click(Sender: TObject);

var
  T_int, K_kr, Q, f, Ro, Ft, h1, h2, Pl, B, C, Ep : real;

begin
  //Ввод данных
  Pl := StrToFloat( EdtPl.Text);
  B := StrToFloat( EdtB.Text);
  C := StrToFloat( EdtC.Text);
  h1 := StrToFloat( Edth1.Text);
  h2 := StrToFloat( Edth2.Text);
  Ro := StrToFloat( EdtRo.Text);
  f := StrToFloat( Edtf.Text);
  Ft := StrToFloat( EdtFt.Text);

  //Расчет
  K_kr := exp( 1.5 * ln( Pl ) ) * exp( -6.5 * ln ( 10 ) );

  Ep := ( h1 - h2 ) / Ro;

  Q := exp ( -1.4 * ln( 1 + Ep * 1000 ) );

```

```
T_int := K_kr * Q * exp( B * ln( f ) ) * exp( C * ln( Ro / 1000 ) ) *
exp( ( -Ft / 10 ) * ln( 10 ) );
```

```
//Вывод результатов
```

```
LbKkrAnsw.Caption := ' Kkr = ' + FloatToStr( K_kr ) + ',';
```

```
LbEpAnsw.Caption := ' Ep = ' + FloatToStr( Ep ) + ', рад,';
```

```
LbQAnsw.Caption := ' Q = ' + FloatToStr( Q ) + ',';
```

```
LbAnsw.Caption := ' Tint = ' + FloatToStr( T_int ) + ' %.';
```

```
end;
```

```
end.
```

Расчет времени ухудшения связи из-за многолучевого распространения радиоволн

Процент времени ухудшения связи из-за интерференции радиоволн

$$T_{\text{инт}} = K_{\text{кр}} \cdot Q \cdot f^B \cdot R_0^C \cdot 10^{\frac{-F_t}{10}} (\%)$$

$K_{\text{кр}}$  – коэффициент учитывающий влияние климата и рельефа местности

$$K_{\text{кр}} = P_L^{1.5} \cdot 10^{-(6.5 - C_{\text{Лоп}} - C_{\text{Л.Ат}})}$$

$P_L=5\%=0.05$  процент времени с вертикальным градиентом рефракции.  
 $C_{\text{Лоп}}$  и  $C_{\text{Л.Ат}}$  – коэффициент для Казахстана равно 0.  
 $B$  и  $C$  – коэффициенты, учитывающие региональные эффекты.  
 $B=0.89$   
 $C=3.6$

$$Q = (1 + [\varepsilon_p])^{-1.4}$$

где  $[\varepsilon_p] = [h_1 - h_2] / R_0$  – наклон радиотрассы

Исходные данные:

$P_L, \%$	5
$B$	0,89
$C$	3,6
$h_1, \text{м}$	945
$h_2, \text{м}$	785
$R_0, \text{м}$	4200
$f, \text{ГГц}$	14,925
$F_t$	26,14

Вычислить

$K_{\text{кр}} = 3,53553390593274E-6,$   
 $E_p = 0,0380952380952381, \text{ рад},$   
 $Q = 0,00590237220390054,$   
 $T_{\text{инт}} = 9,86195024271435E-8 \%$

Рисунок 3.11 – Окно программы расчетов

### 3.3 Определение территории размаха

Определение размаха радиосети WCDMA - это процесс, с помощью которого производится оценка возможных конфигураций и количества сетевого оборудования на основании требований оператора, связанных со следующими параметрами.

Территория: - зоны обслуживания

- информация о типах зон
- условия распространения

Емкость:

- располагаемый спектр частот
- прогнозирование роста числа абонентов
- информация об интенсивности трафика

Качество обслуживания:

- вероятностное расположение зон (вероятная зона обслуживания)
- вероятность блокировки
- прямое соединение конечного пользователя.

В оценку размаха входят анализ ресурса радиолинии и зоны обслуживания, оценка емкости и, в конечном итоге, оценка количества сайтов и аппаратных средств базовых станций, контроллеров радиосети (RNC), оборудования для различных интерфейсов и элементов базовой сети (т.е. базовых элементов сети с коммутацией каналов и элементов сети с коммутацией пакетов).

Эффективная зона обслуживания WCDMA определяется по средней площади (участка) сайта на узел в км<sup>2</sup>/сайт для заранее определенных стандартной среды распространения и поддерживаемой плотности трафика.

Исходя из вышеуказанных ресурсов радиолинии, расстояние до границ ячейки R можно легко вычислить по известной модели распространения, например, модели Окумура-Хата или модели Уолфиш-Икегами. Модель распространения описывает усредненный вариант распространения сигналов в указанной среде, и она позволяет преобразовать максимальные допустимые потери при распространении в дБ в максимальную дальность до границ ячейки в километрах. В качестве примера мы можем взять модель распространения Окумура-Хата для городской макроячейки с высотой антенны BS 30 м, высотой антенны MS 1,5 м и частоты несущей 1950 МГц:

$$L = 137,4 + 35,2 \log_{10}(R), \quad (3.16)$$

где L потери на трассе в дБ и R расстояние в км. Для пригородных зон мы допускаем использование дополнительного коэффициента коррекции зоны 8 дБ и получаем потери на трассе в виде:

$$L = 129,4 + 35,2 \log_{10}(R) \quad (3.17)$$

Согласно уравнению (3.16) расстояние до границ ячейки при передаче речи со скоростью 12,2 Кбит/с с потерями на трассе 141,9 дБ в пригородной зоне, показанны на рисунке 3.13, составит 23 км. Расстояние до границ ячейки при скорости передачи 144 Кбит/с внутри помещения составит 1,4 км. Определив расстояние до ячейки R, можно затем получить размеры участка (сайта), которые являются также функцией конфигурации разбиения на



секторы. Для ячейки гексагональной формы, охватываемой ненаправленной антенной, зона обслуживания может быть аппроксимирована как  $2,6R_2$ .

$$L(r) := 137.4 + 35.2 \cdot \log(r)$$

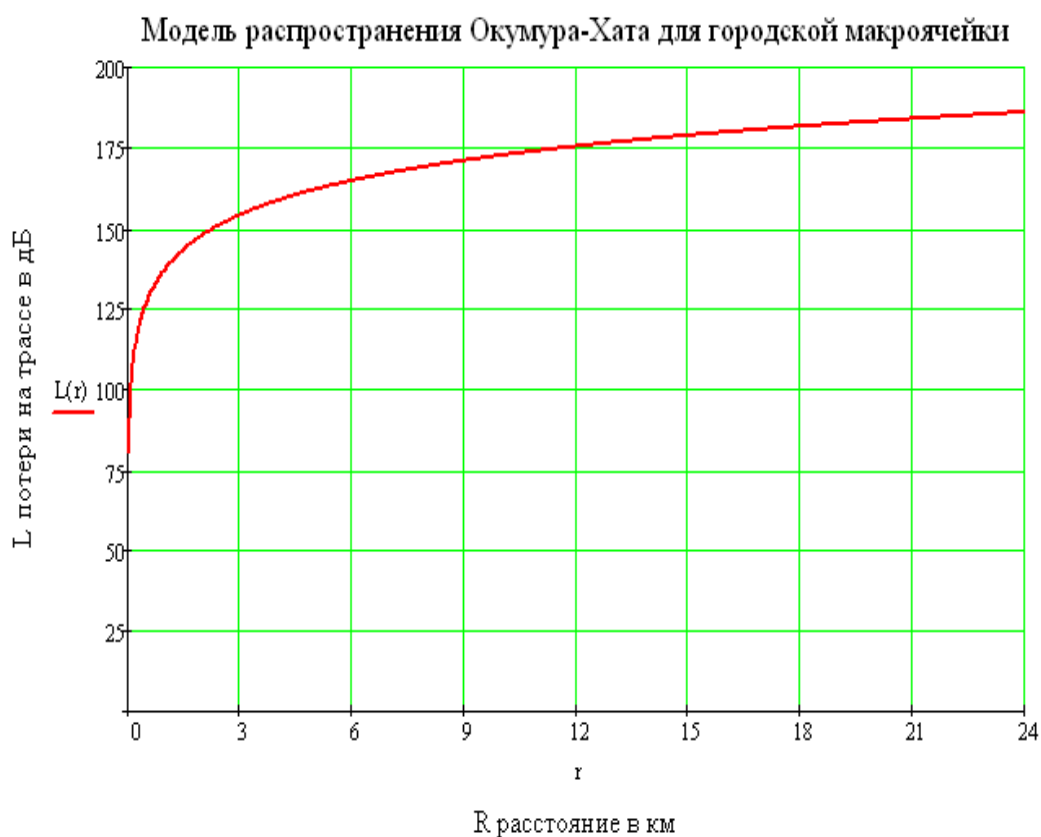


Рисунок 3.12 – Модель распространения Окумура – Хата для городской макроячейки

Исходный ресурс радиолинии для передачи речи с помощью кодека AMR со скоростью передачи 12,2 Кбит/с (120 км/час, пользователи в машинах, канал типа А для транспортного средства, при мягком хэндове).

Телефонная услуга (передача речи) со скоростью 12,2 Кбит/с (120 км/час, в автомобиле)		
Передатчик MS		
Максимальная мощность передачи MS [Вт]	0,125	
То же, но в дБм	21,0	a
Коэффициент усиления антенны MS [дБн]	0,0	b
Потери влияния тела человека, [дБ]	3,0	c
Эквивалентная изотропная излучаемая мощность (EIRP) [дБм]	18,0	d=a+b-c
Приемник (BS)		
Интенсивность теплового шума [дБм/Гц]	-174,0	e
Коэффициент шума приемника BS [дБ]	5,0	f
Интенсивность шума в приемнике [дБм/Гц]	-169,0	g=e+f
Мощность шума в приемнике [дБм]	-103,2	h=g+10*log(3840000)
Запас помехозащищенности [дБ]	3,0	i
Мощность помех в приемнике [дБм]	-103,2	j=10*log(10*((h+i)/10)-10*(h/10))
Полная мощность: эффективный шум+помехи (дБм)	-100,2	k=10*log(10*(h/10)+10*(j/10))
Выигрыш в отношении сигнал/шум при обработке сигналов [дБ]	25,0	l=10*log(3840/12.2)
Требуемое $E_b/N_0$ [дБ]	5,0	m
Чувствительность приемника [дБ]	-120,2	n=m+l+k
Коэффициент усиления антенны BS [дБн]	18,0	o
Потери в кабеле на BS [дБ]	2,0	p
Запас на быстрое замирание (дБ)	0,0	q
Максимальные потери на трассе [дБ]	154,2	r=d-n+o-p-q
Вероятность попадания в зону обслуживания [%]	95	
Постоянная логарифмически нормальных замираний [дБ]	7,0	
Коэффициент экспоненты модели распространения	3,52	
Запас на логарифмически нормальные замирания [дБ]	7,3	s
Выигрыш при мягком хэндове [дБ], мультитейка	3,0	t
Потери в машине [дБ]	8,0	u
Допускаемые потери на распространение до границ ячейки	141,9	v=r-s+t-u

Рисунок 3.13 - При передаче речи со скоростью 12,2 Кбит/с с потерями на трассе 141,9 дБ в пригородной зоне

### 3.4 Расчет необходимого наклона антенны базовой станции

Данный несложный расчет позволяет вычислить необходимый угол наклона антенны базовой станции **БС** относительно линии горизонта, зная высоту точек установки антенны **БС** и абонентской станции **АС**.

Рассчитать высоту подвеса антенн. Для ориентировочной оценки на ровном рельефе при одинаковой высоте антенн можно использовать простую формулу, учитывающую сферичность Земли и размеры эллипсоида Френеля. Высота подвеса антенн в метрах равна:

$$h_1 = h_2 = \left( \frac{r}{8,24} \right)^2 + 4,47\sqrt{r} \quad (3.18)$$

где  $r$  - расстояние между антеннами в километрах.

Когда одна антенна находится на уровне поверхности Земли, коэффициент 8,24 в формуле надо заменить на 4,12.

Если на трассе между антеннами есть неровности, необходимо построить профиль трассы с учетом сферичности Земли. Делается это так. По величине требуемой дальности  $r$  с помощью графика определяется величина подъема Земли в центре трассы и на лист бумаги наносятся три точки: с нулевой высотой на концах трассы и с высотой, полученной по графику, в центре трассы. Через эти точки строится дуга окружности, являющаяся уровнем моря для построения трассы. На эту дугу в выбранном масштабе переносятся с топографической карты точки уровней высот.

Полученные точки соединяются отрезками прямой, в результате получается профиль трассы, подобной изображенному на рис. 1.

Для ориентировочного расчета дальности связи для беспроводных систем телеметрии, можно так же воспользоваться этой же методикой, которая приведена выше. При этом необходимо в соответствующую формулу ввести значение частоты (длины волны). Необходимо также учесть, что в отличие от чувствительности приемников для приема видеоизображения, которая равна - 95 ... - 100 дБ, средняя чувствительность приемников телеметрических сигналов лежит в диапазоне - 130 ... - 135 дБ.

Для беспроводных систем передачи телеметрической информации в диапазоне радиочастот от 300 до 1000 МГц полученные данные по дальности связи при более строгом расчете будут несколько отличаться от данных, полученных при расчетах по приведенной выше методике. Но в большинстве случаев данной погрешностью можно

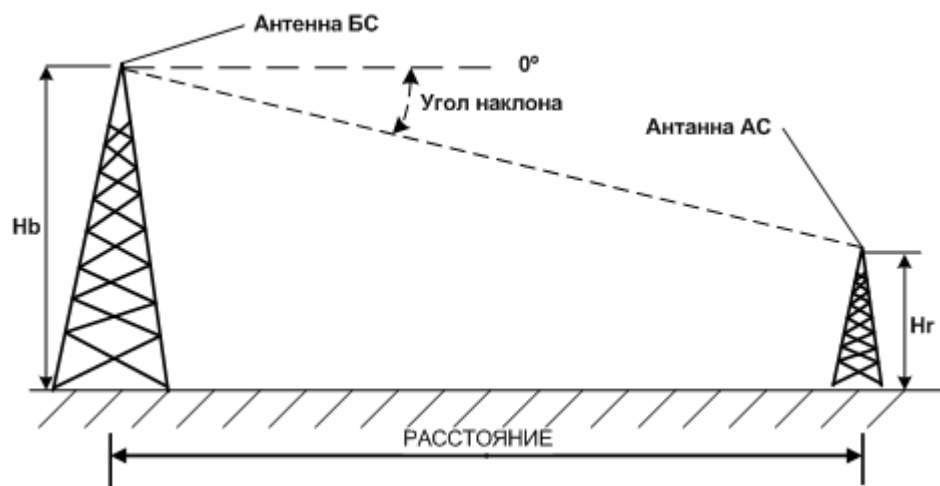


Рисунок 3.14 - Угол наклона антенны базовой станции **БС** относительно линии горизонта

Полученный результат:

Высота подвеса БС, $H_b$	Высота подвеса АС, $H_r$
<input type="text" value="50"/> метров	<input type="text" value="15"/> метров
Рассчитать расстояние	
<input type="text" value="4"/>	<input type="button" value="Считать"/> <input type="text" value="0.5"/> километров
угол наклона, °	
Рассчитать угол наклона по расстоянию	
<input type="text" value="1"/>	<input type="button" value="Считать"/> <input type="text" value="2"/> угол наклона, °
расстояние, километров	

### 3.5 Расчет радиусов покрытия секторной антенны беспроводной сети

Этот расчет позволит подобрать антенну с нужной шириной луча в вертикальной плоскости, а также вычислить угол ее наклона относительно горизонта исходя из желаемого внешнего и внутреннего радиусов обслуживания.

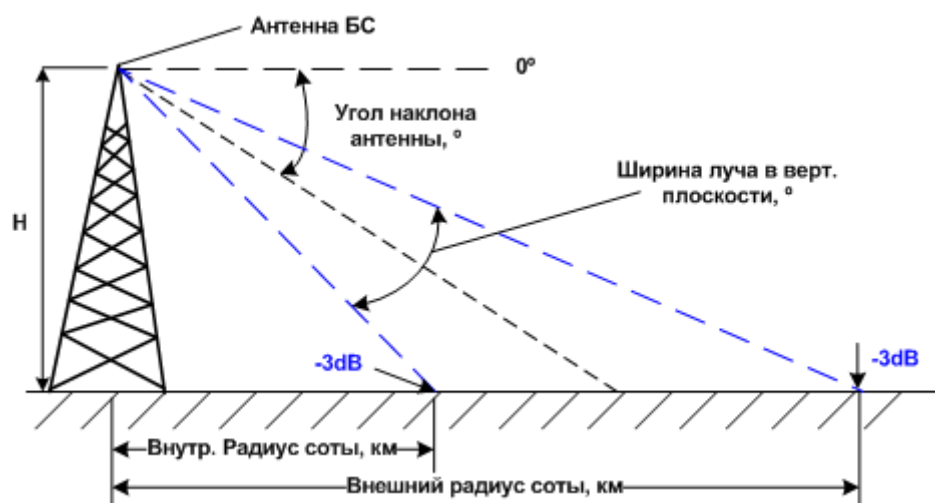


Рисунок 3.15 - Радиусов покрытия секторной антенны

Полученный результат:

Высота антенны	Угол наклона	Ширина луча
<input type="text" value="50"/>	<input type="text" value="5"/>	<input type="text" value="10"/>
метров	градусов	градусов
Рассчитать расстояние	Внутренний радиус	Внешний радиус
<input type="button" value="Считать"/>	<input type="text" value="0.28"/>	<input type="text" value="Горизонт"/>
	километров	километров

## 4 Безопасность жизнедеятельности

### 4.1 Анализ условий труда

Основной целью данного проекта является реализация следующего вида деятельности – установка контроллера (BSC) и базовых станций, поддерживающих сеть WCDMA в Алматинском регионе.

Цифровая система BSC будет установлена в здании площадью 25 м<sup>2</sup>. Помещения удовлетворяют требованиям организации производственного процесса. Их достоинством является уже готовая подводка кабеля и электропитания к оборудованию, освещение и вентиляция.

Микроклимат производственных помещений определяют следующие параметры: температура воздуха в помещении; относительная влажность воздуха; скорость его движения. Эти параметры по отдельности и в комплексе влияют на организм человека, определяя его самочувствие.

Для поддержания необходимых микроклиматических условий в соответствии с требованиями «Санитарных норм, микроклимата производственных помещений» нормального функционирования оборудования цифровой станции в автозале установлены две климатотехнические установки. Нормативные показатели микроклимата приведены в таблице 4.1. Работа в автозале и операторской относятся к работе средней тяжести, т.к. управление технологическим оборудованием осуществляется дистанционно с различных устройств ввода–вывода: компьютеров, принтеров, модемов, магнитофонов [12,13,14,15,16].

Т а б л и ц а 4.1 – Нормы микроклимата производственных помещений для работ средней тяжести

Период года	Температура, °С		Оптимальная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
	Опт.	Доп.	Опт.	Доп.	Опт.	Доп.
Холодный период года	18–20	17–23	40–60	<75	<0.2	Не более 0.1
Тёплый период года	21–23	18–27	40–60	65 при 26 °С	0.3	0.2–0.4

Расчет воздухообмена в операторских помещениях произведен в п 4.2.

Оборудование базовых станций расположено в металлических контейнерах. Корпус выполнен из стальных секций и имеет размеры: высота 2000 мм; ширина 3000 мм; длина 4000 мм. Питание осуществляется

постоянным током напряжением 48 В. Для обеспечения безопасности людей от поражения электрическим током оборудование базовых станций заземлено.

По степени поражения людей электрическим током помещение станции относится к помещениям с повышенной опасностью, так как имеется возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землёй металлоконструкциям здания, с одной стороны, и металлическим корпусам электрооборудования, с другой.

Соответствующий расчет заземления базовых станций приведен в п.4.4.

Обслуживание BSC не требует длительного пребывания обслуживающего персонала и осуществляется по плану профилактических работ, поэтому необходимо предусмотреть систему автоматического пожаротушения, основанное на использовании установки газового пожаротушения, что позволит снизить материальные потери.

Опасность возгорания истекает от попадания постороннего напряжения на платы, или же прохождение токов высоких номиналов по проводникам, что вызовет возгорание изоляции. Учитывая тот момент, что оборудование весьма дорогостоящее и критичное к прямому попаданию воды и соли, то автоматическая система пожаротушения должна использовать соответствующие огнетушащие вещества и иметь высокий уровень надежности.

## 4.2 Разработка кондиционирования

Расчет воздухообмена в операторских помещениях. Для поддержания нормальных микроклиматических условий в помещении управления контроллером предлагается установка бытовых оконных кондиционеров Зима–лето. Для выбора кондиционера нужно для каждого помещения рассчитать суммарные избытки тепла, в которые входят также выделяемое тепло от солнечной радиации, производственного освещения, работающих людей, оргтехники и т.д. Подбирают такие модели кондиционеров, которые в сумме по холодопроизводительности дают такое же или несколько большее значение.

Избыточное тепло можно найти из выражения:

$$Q_{\text{изб}} = Q_{\text{об}} + Q_{\text{л}} + Q_{\text{р}} + Q_{\text{осв}}, \quad (4.1)$$

где  $Q_{\text{об}}$  – тепло, выделяемое оборудованием, кКал/ч.;

$Q_{\text{л}}$  – тепло, выделяемое людьми, кКал/ч.;

$Q_{\text{р}}$  – тепло, вносимое солнечной радиацией, кКал/ч.;

$Q_{\text{осв}}$  – тепло, выделяемое искусственным освещением, кКал/ч.

Для помещения BSC исходные данные:

- площадь  $S_{\text{п}} = 25 \text{ м}^2$ ;
- высота потолков – 3 м;



- остекление, обеспечивающее средний уровень мощности солнечной радиации – 35 Вт;
- количество работающих людей – 1 чел;
- оборудование – 2 ед;
- мощность, потребляемая освещением – 1340 Вт.

Значение тепла, выделяемого оборудованием  $Q_{об}$  можно определить из выражения:

$$Q_{об} = n \cdot P_{об} \cdot \eta, \quad (4.2)$$

где  $n$  – количество единиц оборудования – 2 ед;

$P_{об}$  – мощность, потребляемая терминалами – 300Вт;

$\eta$  – коэффициент перехода тепла в помещение – 20%.

$$Q_{об} = 2 \cdot 300 \cdot 0.2 = 120 \text{ ккал/ч};$$

Значение тепла, выделяемого обслуживающим персоналом  $Q_{л}$  можно определить из соотношения:

$$Q_{л} = n \cdot Q_{ч}, \quad (4.3)$$

где  $n$  – количество работающих людей – 1 чел;

$Q_{ч}$  – тепло выделяемое одним человеком, определяется по графику тепловыделений человека при 25<sup>0</sup>С для работников II категории и равно 100 ккал/ч.

$$Q_{л} = 1 \cdot 100 = 100 \text{ ккал/ч}$$

Значение тепла, вносимого солнечной радиацией  $Q_p$  можно определить из соотношения:

$$Q_p = m \cdot F \cdot q, \quad (4.4)$$

где  $m$  – количество окон в помещении,  $m=2$ ;

$F$  – площадь одного окна,  $F = 5.75 \text{ м}$ ;

$q$  – средний уровень мощности солнечной радиации – 35Вт.

$$Q_p = 2 \cdot 5.75 \cdot 35 = 402.5 \text{ ккал/ч}.$$

Значение тепла, вносимого искусственным освещением  $Q_{осв}$  можно определить из соотношения:

$$Q_{осв} = \cos \varphi \cdot \eta \cdot P_{осв}, \quad (4.5)$$

где  $\cos \varphi$  – коэффициент = 0,7;

$\eta$  – коэффициент перехода тепла в помещение – 10%;

$P_{осв}$  – мощность освещения – 1340 кВт/ч.

$$Q_{осв} = 0.7 \cdot 0.1 \cdot 1340 = 93,8 \text{ ккал/ч}.$$

Рассчитаем общее избыточное тепло:

$$Q_{изб} = 120 + 100 + 402,5 + 93,8 = 716,3 \text{ ккал/ч}.$$

В помещении, для поддержания благоприятного микроклимата, предлагается установка кондиционеров типа зима–лето. При габаритных размерах помещения: (длина – 5м, ширина – 5м, высота – 3м) для достижения достаточно благоприятных микроклиматических условий достаточна установка 1 оконного кондиционера указанного типа фирмы HITACHI. Технические характеристики HITACHI RAS–5142CH приведены в таблице 4.2

Т а б л и ц а 4.2 – Технические характеристики HITACHI RAS–5142CH

Электропитание	220–240 В; 50 Гц
Хладопроизводительность, кВт	3,60
Теплопроизводительность, кВт	4,65
Потребляемая мощность при охлаждении, кВт	1,29
Потребляемая мощность при обогреве, кВт	1,46
Максимальный потребляемый ток, А	7,0
Макс. Длина соедин. труб / перепад высот, м	15/5
Расход воздуха (Н/С/В) внутреннего блока, м <sup>3</sup> /час	372/450/540
Расход воздуха наружного блока, м <sup>3</sup> /час	1380
Кол-во выделяемой из воздуха влаги, л/час	2,5
Уровень шума (Н/С/В) внутреннего блока, дБ	35/39/44
Уровень шума наружного блока, дБ	51
Масса внутреннего блока без упаковки, кг	8
Масса наружного блока без упаковки, кг	38

#### 4.3 Расчет автоматического пожаротушения

Автоматическое пожаротушение подразумевает под собой наличие средств предупреждения пожара, устройств обнаружения пожара, сигнализации и средств пожаротушения. Совокупность перечисленных средств, установленных конечно же специалистами–пожарниками, позволяет считать

данный комплекс не иначе как системой автоматического пожаротушения. При этом роль человека сводится к проведению перманентных диагностических работ и замене средств пожаротушения по истечению сроков годности.

Применение системы автоматического пожаротушения (САП) основано на использовании установки газового пожаротушения, что позволит снизить материальные потери. САП газового пожаротушения использует следующие вещества:

- двуокись углерода;
- хладон 114В(2) / тетрофтордибромэтан;
- хладон 13В(1) / бромтрифторметан;
- комбинированный углекислотно–хладоновый состав;
- азот;
- аргон.

САП должна отвечать следующим требованиям:

- дистанционное и местное включение;
- выполнять функции пожарной сигнализации;
- соответствовать требованиям помещения, где установлена САП.

Тип САП и огнетушащие вещества выбираются с учётом пожарной опасности и физико-химических свойств, а также в зависимости от принадлежности помещения по СнИП.

В данном случае необходимо выбрать соответствующую САП, пригодную для применения в условиях наличия установок, находящихся под напряжением и в закрытом помещении.

Наиболее часто используемые газовые САП в нашем случае, это:

- установки объёмного пожаротушения;
- установки локального пожаротушения по площади;
- установки локального пожаротушения по объёму.

При САП локального пожаротушения по объёму используют двуокись углерода и хладон 114В(2), а при САП локального пожаротушения по площади используют двуокись углерода.

Способ запуска САП может быть электрическим или пневмоэлектрическим. Выбираем систему с электрическим пуском.

В составе САП необходимо предусмотреть полный резерв по оборудованию и запасу огнетушащих веществ.

Расчетная масса комбинированного состава для объемного пожаротушения определяется формулой:

$$M = h \cdot q \cdot v, \quad (4.6)$$

где  $h$  – коэффициент компенсации не учитываемых потерь состава;

$q$  – нормативная массовая концентрация состава –  $0.27 \text{ кг/м}^3$  при времени заполнения помещения – 30с, и  $0.4 \text{ кг/м}^3$  при времени заполнения помещения – 60с;

$v$  – объём защищаемого помещения ( $\text{м}^3$ ).

Размеры помещения –  $5 \times 5 \times 3$  м или  $75 \text{ м}^3$ , тогда:

$$M = 1.13 \cdot 0.27 \cdot 75 = 23 \text{ кг}$$

Количество баллонов – 1 (30 кг).

Внутренний диаметр трубопровода определяется формулой:

$$D1 = d1 \cdot n, \quad (4.7)$$

где  $d1$  – диаметр сифона баллона, мм;

$n$  – количество баллонов .

$$D1 = 12 \cdot 1 = 12 \text{ мм}$$

Длину трубопровода определим формулой (4.8):

$$L = K \cdot O, \quad (4.8)$$

где  $k$  – коэффициент увеличения длины трубопровода для компенсации не учитываемых потерь;

$O$  – длина трубопровода – 8м.

$$L = 1.1 \cdot 8 = 8.8 \text{ м}$$

Площадь сечения выходного отверстия оросителя определим по формуле (4.9):

$$A = \frac{S}{E}, \quad (4.9)$$

где  $S$  – площадь сечения трубопровода, мм;

$E$  – число оросителей.

$$A = \frac{113}{2} = 57 \text{ м}^3$$

Схема системы автоматического пожаротушения представлена на рисунке 4.1.

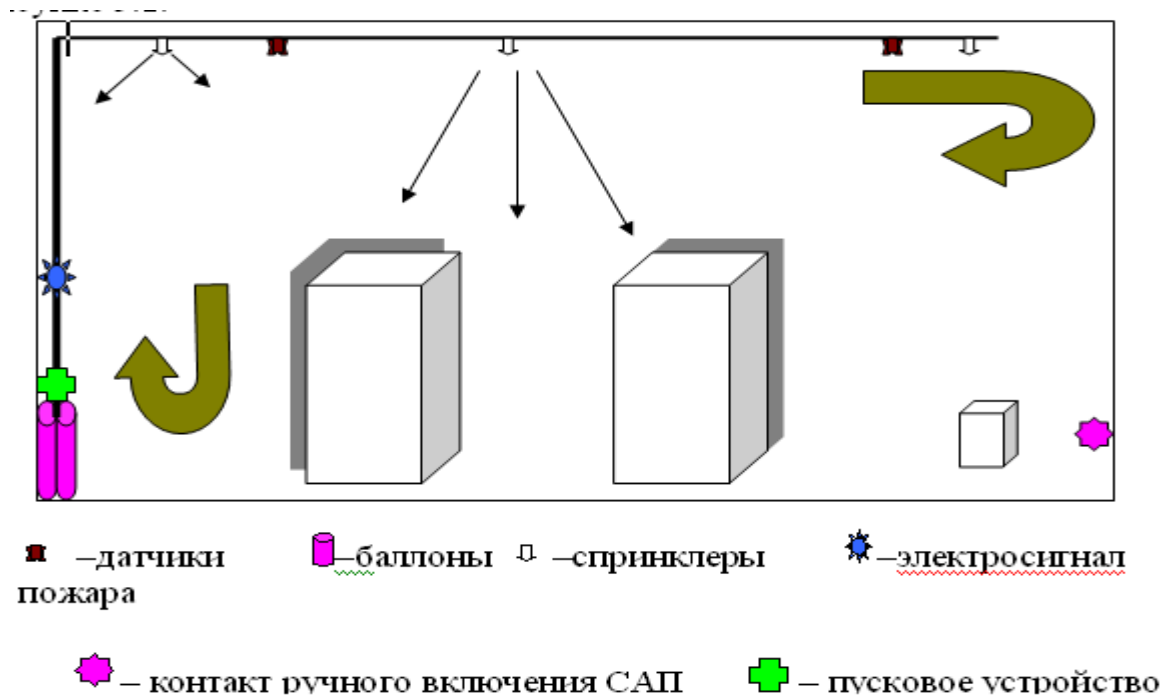


Рисунок 4.1 –Схема системы автоматического пожаротушения

Определим удельный расход  $q$  состава:

$$q = \frac{Q}{S} = \frac{7.2}{9.62} = 0.75 \text{ кг/см}^2$$

Определим расход  $Q$  состава:

$$Q = S \cdot q = 11.3 \cdot 0.75 = 8.5 \text{ кг/с}$$

Расчетное время подачи состава  $t$  определим формулой:

$$t = \frac{M}{60Q} = \frac{23}{60 \cdot 8.5} = 0.05 \text{ мин}$$

Массу основного запаса определим по формуле(4.10):

$$m = 1.1 \cdot M(1 + ks/kd), \quad (4.10)$$

где  $ks/kd$  – коэффициент остатка состава в баллонах и трубопроводах.

$$m = 1.1 \cdot 23(1 + \frac{0.2}{1.13}) = 29.854 \text{ кг}$$

#### 4.4 Расчет защитного заземления

Все оборудования находящегося в помещении, особенно Медиашлюз с базовой станции заземлены.

Тип заземления – контурный, при котором заземлители располагаются по контуру внутри помещения. Помещение имеет следующие размеры:  $A=4$  м,  $B=3$  м. План помещения представлен на рисунке 4.2.

1 – помещение, 2 – стена, 3 – дверь.

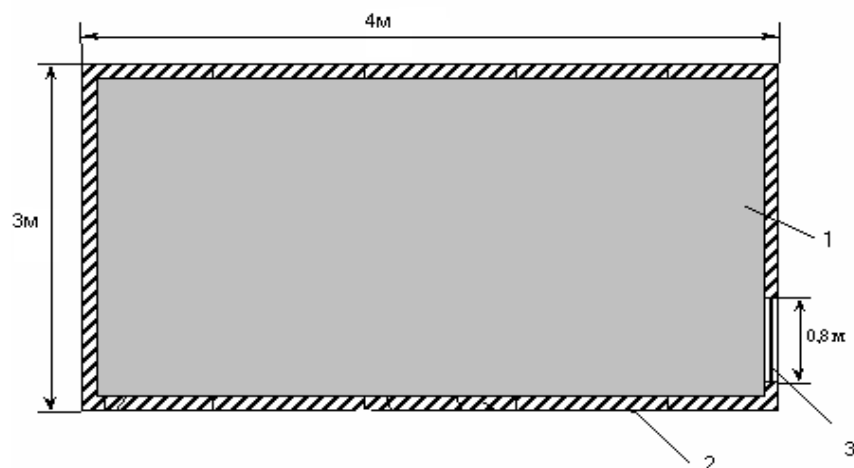


Рисунок 4.2 – План помещения

Контур состоит из вертикальных электродов – стальных труб длиной  $l_b = 3$  м, диаметром  $d = 50$  мм, соединенных горизонтальной полосой длиной равной периметру контура.

$$I_2 = P_k = (A + B) \cdot 2. \quad (4.11)$$

Подставляя значения в формулу (4.11) находим:

$$I_2 = P_k = (4 + 3) \cdot 2 = 14 \text{ м.}$$

В качестве горизонтального электрода применим стальную полосу сечением  $40 \times 4$  мм. Глубина заложения электродов в землю  $t_0 = 0.5$  м. Удельное сопротивление грунта  $P = 80$  Ом·м. В качестве неестественного заземлителя применяются железобетонная арматура сопротивлением  $R_C = 20$  Ом.

Ток замыкания на землю  $I_3 = 70$  А.

Расчет производим по методу коэффициента использования.

Требуемое сопротивление растеканию заземлителя ПУЭ:

$$R_3 = \frac{125}{I_3}, \quad (4.12)$$

$$R_3 = \frac{125}{70} = 1.78 \text{ Ом}$$

Требуемое сопротивление неестественного заземлителя:

$$R_{TP} = \frac{(R_E \cdot R_3)}{(R_E - R_3)}, \quad (4.13)$$

$$R_{TP} = \frac{20 \cdot 1.78}{20 - 1.78} = 1.95 \text{ Ом}$$

Число вертикальных электродов:

$$n_{\epsilon} = \frac{P_k}{a}, \quad (4.14)$$

где  $a$  – расстояние между вертикальными заземлителями, применяется по условию  $a/l_{\epsilon} = 1; 2; 3$ , в данном случае принимаем  $a=1$  м.

Подставляя значения в формулу (4.14), получим:

$$n_{\epsilon} = \frac{14}{1} = 14 \text{ шт}$$

Определим расчетное удельное сопротивление грунта для вертикальных и горизонтальных электродов:

$$P_{расч} = k_c \cdot P \quad (4.15)$$

где  $k_c$  – коэффициент сезонности, учитывающий промерзание и высыхание грунта и зависящий от климатической зоны для Казахстана –  $k_c=1.4$ ;  $k_c' = 2.5$ .

Подставляя значения в формулу (4.15) получим:

$$P_{расчв} = 1.4 \cdot 80 = 112 \text{ Ом} \cdot \text{м},$$

$$P_{расчг} = 2.5 \cdot 80 = 200 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

Расчетное сопротивление растеканию электродов вертикального  $R_{\epsilon}$ :

$$R_{\epsilon} = \frac{P_{расчв}}{2\pi \cdot l_{\epsilon}} \left( \ln \frac{2l_{\epsilon}}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t+l}{4t-l} \right), \quad (4.16)$$

$$R_{\epsilon} = \frac{112}{2 \cdot 3.14 \cdot 3} \left( \ln \frac{2 \cdot 3}{0.5} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 2 + 3}{4 \cdot 2 - 3} \right) = 17.1 \text{ Ом}.$$

Горизонтального электрода  $R_{\epsilon'}$ :

$$R_{\epsilon'} = \frac{P_{расчг}}{2 \cdot \pi \cdot L_{\epsilon'}} \cdot \ln \frac{L_{\epsilon'}^2}{dt}, \quad (4.17)$$

$$R_{\epsilon'} = \frac{200}{2 \cdot 3.14 \cdot 150} \cdot \ln \frac{150^2}{0.5 \cdot 0.04 \cdot 0.5} = 3.1 \text{ Ом}.$$

Определим по таблице коэффициенты использования вертикального и горизонтального электродов:

$$\eta_{\epsilon} = 0.4; \eta_{\epsilon'} = 0.21,$$

Найдем сопротивление растеканию принятого группового заземлителя:



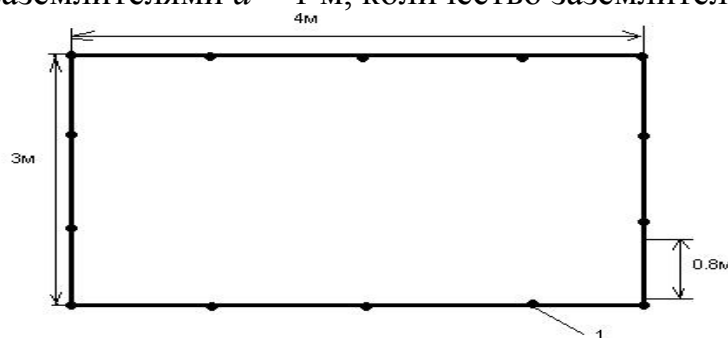
$$R_{cp} = \frac{(R_g \cdot R_z)}{(R_g \cdot \eta_r + R_z \cdot n_g \cdot \eta_g)}, \quad (4.18)$$

$$R_{cp} = \frac{(17.1 \cdot 3.1)}{(17.1 \cdot 0.21 + 3.1 \cdot 12 \cdot 0.4)} = 2.86 \text{ Ом}$$

Расхождение между требуемым и расчетным сопротивлением заземлителя равно:

$$\Delta R = |R_{mp} - R_{cp}| = |1.95 - 2.86| = 0.91 \text{ Ом}.$$

На рисунке 4.2 изображена схема расположения заземлителей. Расстояние между заземлителями  $a = 1 \text{ м}$ , количество заземлителей  $n_g = 14$  шт.



1—заземлитель

Рисунок 4.3 – Схема расположения заземляющего контура

## 4.5 Расчет облученности

Непосредственное воздействие на человека оказывает лазерное излучение любой длины волны, однако, в связи со спектральными особенностями поражаемых органов и различными предельно допустимыми дозами облучения обычно различают воздействие на глаза и кожные покровы человека. Рассмотрим вредное воздействие, оказываемое на глаза.

Основной элемент зрительного аппарата человека — сетчатка глаза — может быть поражена лишь излучением видимого (от 0.4 мкм) и ближнего инфракрасного диапазонов (до 1.4 мкм), что объясняется спектральными характеристиками человеческого глаза (рисунок 7.1). При этом хрусталик и глазное яблоко, действуя как дополнительная фокусирующая оптика, существенно повышают концентрацию энергии на сетчатке, что, в свою очередь, на несколько порядков понижает максимально допустимый уровень (МДУ) облученности зрачка.

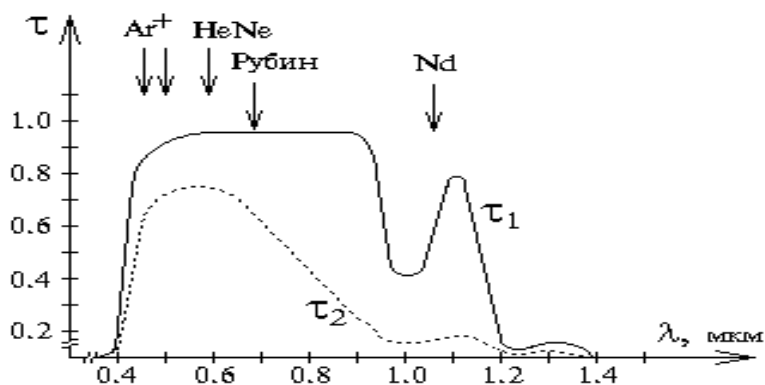


Рисунок 4.4 - Спектральные характеристики глаза

$\tau_1$  — относительное пропускание глазной среды;

$\tau_2$  — произведение пропускания глазной среды на поглощение всеми слоями сетчатки.

Различают прямое облучение сетчатки (прямое попадание лазерного луча в глаз) и рассеянное. На практике необходимо проводить исследования для рассеянного лазерного облучения. В этом случае важно при определении МДУ облучения рассчитать плотность излучения в диапазоне видимого излучения  $0.4 < \lambda < 1.4$  мкм, достигающего сетчатки и поражающего ее. Кроме длины волны  $\lambda$ , необходимо учитывать также длительность воздействия светового излучения  $\Delta t$ . Длительность воздействия светового излучения равна длительности восьмичасового рабочего дня. При этом МДУ излучения рассчитывается по формуле:

$$E_{\text{МДУ}} = 1,9 * 10^4 * (\Delta t)^{0.75} \quad (4.19)$$

$$E_{\text{МДУ}} = 1,9 * 10000 * (8 * 3600)^{0.75} = 42 * 10^6 \text{ Вт/м}^2$$

Плотность излучения зависит от мощности излучения, создаваемого оборудованием и от площади поверхности, поглощающей излучение. Мощность излучения  $W$  в непроизводственном помещении, содержащим три – пять рабочих мест, оснащенных компьютерной техникой, находится в пределах 0,03 Вт. Площадь поверхности – площадь глазного зрачка, радиус зрачка принимается 3 мм. Площадь зрачка вычисляется по формуле:

$$S = \pi * r^2 \quad (4.20)$$

$$S = 3,14 * (0,003)^2 = 2,8 * 10^{-5} \text{ м}^2$$

Плотность излучения рассчитывается по формуле:

$$E = W / S \quad (4.21)$$

$$E = 0,03 / (2,8 * 10^{-5}) = 1,07 * 10^3 \text{ Вт/м}^2 < 42 * 10^6 \text{ Вт/м}^2$$

Выводы по разделу «Безопасность жизнедеятельности»

Оборудование базовых станций расположено в металлических контейнерах, которые находятся в помещении. Обслуживание BSC не требует длительного пребывания обслуживающего персонала и осуществляется по плану профилактических работ.

В проекте источниками электромагнитных полей являются антенны СВЧ.

Электромагнитное поле характеризуется длиной волны  $\lambda$ , м или частотой колебания  $f$ , Гц:

Интервал длин радиоволн — от миллиметров до десятков километров, что соответствует частотам колебаний в диапазоне от  $3 \cdot 10^4$  Гц до  $3 \cdot 10^9$  Гц.

На характер распределения поля в помещении влияет наличие металлических предметов и конструкций, которые являются проводниками, а также диэлектриков, находящихся в ЭМП. Для нормального функционирования оборудования цифровой станции в автозале установлены две климатотехнические установки. Сделан расчет кондиционирования, а также приведен в данном разделе расчет автоматического пожаротушения и расчет защитного заземления.

## **5 Бизнес - план**

### **5.1 Резюме**

В данном дипломном проекте рассматривается организации мобильной связи сети WCDMA в Алматинском регионе с использованием оборудования Alcatel. Целью данного бизнес-плана является расчет экономической выгоды расширения сети, посредством общих капитальных вложений, годовых эксплуатационных затрат и доходов, ожидаемой прибыли и срока окупаемости.

Проектирование сети обусловлено необходимостью покрытия регионов сотовой связью. Планируется организовать цифровые каналы в отдельно взятом районе Алматинский регион. Необходимость вызвана отсутствием сотовой связи. Новый сегмент сети должен быть стандарта WCDMA и добавлен согласно спецификациям ITU.

В соответствии с проектом в районе установлено два пролета, 3 оконечные станции (базовая станция BTS Evolium) и контроллер BSC. Экономическое обоснование этого проекта состоит в определении необходимых инвестиций на установку пролетов РРЛ, базовых станций и контроллера, издержек по их содержанию, определение срока окупаемости.

Первоначально компания делала ставку на закупку и внедрение оборудования фирмы Alcatel. Результаты расчетов бизнес-плана доказывают рентабельность данного оборудования.

### **5.2 Услуги**

WCDMA – система с множеством услуг, позволяющая осуществлять связь различных типов в зависимости от природы передаваемой информации. Услуги компании являются одним из наиболее серьезных конкурентных преимуществ, так как позволяют акцентировать внимание потенциальных клиентов на суперсовременность и перспективность стандарта – поэтому мы остановимся на них подробнее, что позволит нам ориентироваться в услугах других операторов.

Компания будет предоставлять следующие виды услуг:

- а) радиотелефонная связь (передача речи) с подвижными абонентами сотовой сети и неподвижными абонентами стационарной телефонной сети, включая междугородную и международную телефонную связь;
- б) передача факсимильных сообщений;
- в) переадресацию вызова, автодозвон и ожидание вызова;
- г) автоматическую регистрацию продолжительности телефонных разговоров;

- д) голосовую почту;
- е) конференц-связь – видео трафика одновременный разговор трех или более абонентов и т.д.

#### **1 Переадресация вызова**

Услуга Переадресации вызова дает возможность переключения всех или части входящих вызовов на любой телефонный номер Речевую Почту или Факс Почту.

##### **1.1 Речевая почта**

Услуга Речевой Почты сети "ONE-WCDMA" дает возможность переадресовать все или часть входящих вызовов на голосовой почтовый ящик

##### **Услуга Факс Почты**

Услуга Факс Почты сети предоставляется в пакете с услугами приема факсимильных сообщений и Речевой Почты. Услуга дает возможность переадресовать все или часть входящих факсимильных вызовов на почтовый ящик для хранения факсов. Емкость почтового ящика составляет 20 страниц.

##### **Услуга определения номера**

(определение телефонного номера абонента сети стандарта WCDMA)

Данная услуга позволяет во время входящего вызова видеть на дисплее мобильного аппарата телефонный номер вызывающей стороны.

##### **1.2 Ожидание и удержание вызова**

Услуга ожидания вызова позволяет принять входящий вызов во время текущего разговора по телефону, услуга удержания вызова позволяет, переключаясь от первого разговора ко второму, удерживать линию для того, чтобы вернуться к первому разговору позже.

##### **Запрет вызова**

Услуга Запрета вызова позволяет ограничить входящие вызовы поступающие на мобильный аппарат и/или исходящие вызовы с мобильного аппарата.

##### **SMS**

Услуга SMS – текст дает возможность обмениваться текстовыми сообщениями длиной до 160 символов между мобильными аппарата стандарта WCDMA. Сообщения передаются независимо от речевого сигнала по сигнальным каналам и поэтому могут быть получены даже во время телефонного разговора.

## **5.3 Маркетинг**

Ценовая политика компании заключается в стремлении сделать мобильную связь еще более доступной для жителей Казахстана. Введена новая услуга GPRS, которая позволяет пользоваться интернетом и пересылкой фотографий (MMS).

Для карточной сотовой связи была введена в эксплуатацию самая передовая и технологически совершенная платформа Prepaid, которая, например, с успехом используется 18 миллионами абонентов в Италии. Платформа позволяет предоставлять абонентам новые услуги и более гибкую систему оплаты.

Благодаря гибкой политике компании в области продаж, количество официальных дистрибьюторов должно возрасти.

Стратегическая цель маркетинга компании заключается в создании репутации самого надежного провайдера связи в РК.

Успехам компании будет содействовать высокое сервисное обслуживание специалистами высокого класса по подключению, ремонту и настройке аппаратуры.

Для продвижения данного бренда будет осуществлена реклама при помощи различных акций, также по средствам телерадиовещания. Основным конкурентом является компания “Кар-Тел” с торговой маркой Beeline.

#### **5.4 Организационно – производственный план**

Предполагается, что оператор мобильной связи WCDMA получил 50 млн. тенге от партнеров на проектирование сети и ввод новых услуг, таких, как GPRS и MMS. При этом условия кредита выгоднее, чем в местных банках, 19% [17].

#### **5.5 Финансовый план**

##### **5.5.1 Расчет капитальных затрат.**

Для внедрения нового сегмента сети в соответствии с таблицей 5.1 потребуется следующее оборудование:

Т а б л и ц а 5.1 – Состав необходимого оборудования

Наименование оборудования	Стоимость оборудования, тг.	Кол – во оборудования, шт.	Стоимость с учетом транспортных расходов, тг.
Базовая станция BTS Evolium	4 200 000	3	13 020 000
Контроллер BSC	13 000 000	1	13 150 000
АС распределительный кабинет	300 000	4	1 292 000
Антенна Katherine K730380	98 000	4	518 000
Комплект аккумуляторов	112 000	4	536 000
Комплект кабелей питания и фидеров	70 000	4	336 000
Секторные антенны	148 000	9	1 782 000
Радиорелейная система Alcatel	2 758 000	4	11 312 000
Стоимость всего оборудования с учетом доставки и НДС			41 946 000

Радиорелейная система Alcatel состоит из радиомодуля, антенны, модуля доступа и встроенного программного оборудования. Базовая станция BTS Evolium состоит из модуля доступа, фидеров, кабелей, секторных антенн и программного оборудования.

Инвестиции – капитальные вложения, включающие в себя:

$$K_{\text{вл}} = C_{\text{об}} + C_{\text{уст}}, \quad (5.1)$$

где  $C_{\text{об}}$  – стоимость приобретаемого оборудования для функционирования данной системы связи;

$C_{уст}$  – стоимость транспортного средства необходимого для эксплуатации, установки и ремонту данной системы связи, определяется укрупненным методом и берется равным 10 % от стоимости оборудования.

$$C_{об} = 41\,946\,000 \text{ тг.}$$

$$C_{уст} = C_{об} \cdot 0.1 \quad (5.2)$$

По (5.2) получается  $C_{уст} = 4\,194\,600 \text{ тг.}$

Цены на основное оборудование указаны с учетом транспортных расходов и таможенного оформления.

Таким образом, капитальные вложения составят в соответствии с формулой (5.1):

$$K_{вл} = C_{об} + C_{уст} = 41\,946\,000 + 4\,194\,600 = 46\,140\,600 \text{ тг.}$$

## 5.6 Расчет эксплуатационных затрат

Функционирование системы потребует следующих издержек:

$$\mathcal{E}_p = \Phi OT + Соц.налог + C_{ар.} + \mathcal{Z}_{эл.эн.} + \mathcal{Z}_{пр} + A + A_{р.с.} \quad (5.3)$$

где  $\Phi OT$  – фонд оплаты труда равный:

$Соц.налог$  – отчисления на социальный налог технического персонала

$C_{ар.}$  – стоимость аренды в год

$\mathcal{Z}_{эл.эн.}$  – затраты на электроэнергию в год

$\mathcal{Z}_{пр}$  – прочие затраты

$A$  – амортизационные отчисления в год

$A_{р.с.}$  – аренда частот

$C_{кр}$  – стоимость кредита

Вычислим фонд заработной платы (ФЗП), затраты на ФЗП приведены в таблице (5.2)



Т а б л и ц а 5.2 - Фонд заработной платы

Должность	Количество	Месячный оклад, тг.	Всего, тг.
Инженер-энергетик	1	80000	80 000
Инженер-трансмиссии	1	80000	80 000
Инженер BSS	1	80000	80 000
Инженер – планировщик	1	80000	80 000
Итого за год:	ФЗП <sub>ГОД</sub> =3840 000 тг.		

$$\Phi OT_{год} = \Phi ЗП_{год} + Дон. \Phi ЗП_{год} = 0.11 \cdot \Phi ЗП_{год}, \quad (5.4)$$

$$\Phi OT_{год} = 0.11 \cdot 3840000 = 422400,0 \text{ тг},$$

$$C_{\pi} = 0,11 \cdot [422400,0 - (0,1 \cdot 422400,0)] = 41817,6 \text{ тыс. тенге}$$

Для размещения базового оборудования необходимо арендовать помещения.

Для данного проекта необходимо арендовать территорию площадью 70 кв.м. для установки 3 контейнеров с оборудованием и 2 комнат для контроллера и блока питания к нему.

Оборудование будет находиться в необслуживаемых помещениях. Расходы на аренду помещений (в год) представлены в таблице 5.3.

Т а б л и ц а 5.3 - Расходы на аренду помещений

Площадь помещения, м <sup>2</sup>	Количество помещений	Стоимость аренды в месяц, тг.	Общая стоимость аренды, в месяц, Тг.
12	3	20 000	60 000
34	1	40 000	40 000
Итого в год:	C <sub>ар.год</sub> = 1 200 000 тг.		

Учёт потребления электроэнергии приведён в таблице 5.4.

Т а б л и ц а 5.4 - Расход электроэнергии в год

Стойка	Количество, шт.	1.2.1.1.1.1.1.1 мощность, 1.2.1.1.1.1.1.1 Вт	Количество часов в год	Стоимость 1кВт*ч, тг	Затраты в год, тг
BTS Evolium*	3	3500	8760	14,36	735840
BSC Alcatel	1	4000			280320
Радиорелейная система Alcatel MW	3	300			63072
Итого за год:				$З_{\text{эл.энер.год}} = 1079232 \text{ тг.}$	

\* Потребление мощности BTS Evolium при 3 несущих частотах.

Амортизационные отчисления на оборудование составляют 15% в год.

$$A = 0,15 \cdot 41\,946\,000 = 6291900 \text{ тг.}$$

Аренда частот для радиорелейной связи будет стоить из расчета 14 000 тг. за 1 пролет в год.

$$A_{p.c.} = 2 \cdot A_{p.ppl} = 28000 \text{ тг.}$$

Кредит берется на сумму 41 946 000 тг. на оборудование и инсталляцию, согласно процентной ставке равной 19 % годовых для юридических лиц и 16% годовых для физических лиц. Так как кредит предоставляется юридическому лицу, а именно компании «Центральный GSM», то процентная ставка будет равна 19% годовых.

Следовательно, в эксплуатационные расходы включается процентная ставка. Ежегодные платежи кредиторам будут равны:

$$C_{кр} = H \cdot K_{кр} = 0.19 \cdot 41946000 = 7969740 \text{ тг.}$$

Таким образом, годовые эксплуатационные расходы будут равны согласно формуле (3):

$$\mathcal{E}_p = \Phi OT_{год} + Соц.налог_{год} + C_{ар.год} + Z_{\text{эл.ЭН.год}} + Z_{np} + A_{год} + A_{p.c.} + C_{кр},$$

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_p &= 422400,0 + 449280 + 1200000 + 687660 + 249600 + 6291900 + \\ &+ 28000 + 7969740 = 19372180 \text{ тг.} \end{aligned}$$

## 5.7 Доходы компании

В местном сегменте сети, а именно в данном районе города проживает и работает около 20 000 человек. Если считать, что в среднем по Казахстану каждый 20-тый будет являться абонентом «WCDMA», и с учетом того, что ежедневно через данный район проходит около 20 000 человек. Планируется иметь в среднем 2000 абонентов.

Предположим, что в 1-й год будет 500 абонентов, во 2-й год 1000 и в третий 1400 абонентов. Доходы компании состоят из ежемесячной абонентской платы и эфирного времени абонентов. С абонентов WCDMA взимается ежемесячная абонентская плата  $C_{абон} = 1500 \text{ тг.}$ , с абонентов платформы Prepaid – 0. Стоимость использования радиointерфейса – 25 тг. за минуту исходящего звонка.

Учтем, что по статистике каждый пользователь в сутки разговаривает по телефону около 5-ти минут. Расчет проводим без учета инфляции и прочих потерь.

Итак, в первый год работы сети число клиентов невелико -500, из них 300 – предоплаченные абоненты Prepaid, 200 - WCDMA .

Доход от абонентской платы равен:

$$D_{абон} = 200 \cdot C_{абон} = 200 \cdot 1500 = 300000 \text{ тг. в месяц.}$$

Годовой доход от абонентской платы будет равен:

$$D_{абон} = 300000 \cdot 12 = 3600000 \text{ тг. в год.}$$

Доход от трафика равен:

$$D_{трафик} = 500 \cdot 12 \cdot 30 \cdot 5 \cdot 25 = 22500000 \text{ тг. в год.}$$

При таких условиях общий доход от эксплуатации сегмента сети в год составит:

$$D_{гол} = 3600000 + 22500000 = 26100000 \text{ тг.}$$

Во второй год работы сети рассчитывается довести число абонентов до 1000 абонентов (400 новых абонентов Prepaid, 300 – абоненты WCDMA).

Доход от абонентской платы равен:

$$D_{абон} = 300 \cdot C_{абон} = 300 \cdot 1500 = 450000 \text{ тг. в месяц.}$$

Годовой доход от абонентской платы будет равен:

$$D_{абон} = 450000 \cdot 12 = 5400000 \text{ тг. в год.}$$

Доход от трафика равен:

$$D_{\text{трафик}} = 1000 \cdot 12 \cdot 30 \cdot 5 \cdot 25 = 45000000 \text{ тг. в год.}$$

При таких условиях общий доход от эксплуатации сегмента сети за второй год составит:

$$D_{\text{год2}} = 54000000 + 45000000 = 99000000 \text{ тг.}$$

В дальнейшем для увеличения числа абонентов можно снизить абонентскую плату до  $C_{\text{абон}} = 1000$  тг., провести акцию бонусов (1 час эфирного времени бесплатно), снизить стоимость минуты радиointерфейса до 20 тг. Предположим, что за третий год прибавилось еще 400 абонентов Prepaid. Тогда доход за третий год составит:

$$D_{\text{абон}} = 300 \cdot C_{\text{абон}} = 300 \cdot 1000 = 300000 \text{ тг.},$$

$$D_{\text{абон}} = 300000 \cdot 12 = 3600000 \text{ тг в год},$$

$$D_{\text{трафик}} = 1400 \cdot 12 \cdot 30 \cdot 5 \cdot 20 = 50400000 \text{ тг.},$$

$$D_{\text{год3}} = 50400000 + 3600000 = 54000000 \text{ тг.}$$

Предположим, что за четвертый год тенденция останется прежней и число абонентов увеличится до 1800 (из них 400- разговорные речи, 1400-мобильный телевидение).

Тогда:

$$D_{\text{абон}} = 400 \cdot C_{\text{абон}} = 400000 \text{ тг.},$$

$$D_{\text{абон}} = 400000 \cdot 12 = 4800000 \text{ тг в год},$$

$$D_{\text{трафик}} = 1800 \cdot 12 \cdot 30 \cdot 5 \cdot 20 = 64800000 \text{ тг.},$$

$$D_{\text{год4}} = 4800000 + 64800000 = 69600000 \text{ тг.}$$

Доходы компании от внедрения нового сегмента сети в данном Алматинском регионе приведены в таблице 5.5.

## 5.8 Расчет срока окупаемости

Для расчета срока окупаемости необходимо знать величину абсолютной экономической эффективности.

Абсолютная экономическая эффективность определяется как отношение прибыли к стоимости капитальных вложений:

$$E = \frac{\Pi}{K}, \quad (5.9)$$

где  $\Pi$  – прибыль,  
 $K$  – капитальные вложения.

Т а б л и ц а 5.5 – Доходы компании от внедрения нового сегмента сети в данном Алматинском регионе

Показатели	1 год	2 год	3 год	4 год
Число действующих клиентов	500	1000	1400	1800
Ежемесячная абонентская плата $C_{\text{абон}}$ , тг.	1500	1500	1000	1000
Доход от абон. платы, (ежегодно), тг.	3 600 000	5 400 000	3 600 000	4 800 000
Средний ежегодный доход от трафика, тг.	22 500 000	45 000 000	50 400 000	64 800 000
Совокупные ежегодные доходы, тг.	26 100 000	49 400 000	54 000 000	69 600 000

Прибыль определяется по формуле:

$$П = Д - Э, \quad (5.10)$$

$$П = 26100000 - 19372180 = 26100000 \text{ тг.},$$

Налог на прибыль для юридических лиц составляет 20%, тогда чистая прибыль равна:

$$\text{ЧП} = П - П \cdot 0,2$$

$$\text{ЧП} = 26100000 - 26100000 \cdot 0,2 = 18270000$$

Абсолютная экономическая эффективность определяется как отношение чистой прибыли к стоимости капитальных вложений:

$$E = (\text{ЧП} + A) / K = (18270000 + 6291900) / 46140600 = 0,53$$

Расчетный срок окупаемости определяется как величина обратная абсолютной экономической эффективности:

$$T = \frac{1}{E}, \quad (5.11)$$

$$T = \frac{1}{0.53} = 1,9 = 1,9 \text{ года.}$$

При сравнении с нормативными сроком окупаемости  $T_n \leq 5$  и абсолютной экономической эффективностью  $e_n \geq 0,2$  получим:

$$T \leq T_n, \quad T \geq e_n.$$

Исходя из этого можно сделать вывод, что расширение сети в данном направлении экономически выгодно для компании.

Т а б л и ц а 5.6 – Расчёт ожидаемого чистого денежного потока

	1год	2год	3год	4год
доходы	26100000	49400000	54000000	69600000
прибыль	6727820	30027820	34627820	50227820
ЧП	4709474	21019474	24239474	35159474
ОЧДП	11001374	27311374	30531374	41451374

Т а б л и ц а 5.7 – Показатели экономической эффективности внедрения мобильной связи WCDMA в Алматинском регионе

Показатели	значения
Капитальные затраты, тг.	46140600
Эксплуатационные расходы, тг.	19372180
Доходы, тг.	26100000
ОЧДП, тг.	11001374
Срок окупаемости без дисконирования	1,9
Абсолютная экон. эффективность	0,53

Вывод:

Анализ полученных результатов показывает, что при капитальных вложениях равных 46140600, эксплуатационных расходах – 19372180, доходы компании составят 26100000, а чистая прибыль - 11001374.

Сравнение расчетного срока окупаемости с нормативным свидетельствуют о целесообразности внедрения данного проекта на сети мобильной связи WCDMA в Алматинском регионе.

## Заключение

В данном дипломном проекте рассмотрены вопросы организации мобильной связи с применением технологии WCDMA в Алматинском регионе.

Системы третьего поколения предназначены для мультимедийной связи: при их использовании системы персональной связи получают возможность обеспечивать высококачественную передачу изображений и видеоданных, а доступ к информации и услугам по сетям общего пользования и частным сетям будет существенно расширен за счет более высоких скоростей передачи и новых возможностей в отношении гибкости связи, которыми обладают системы третьего поколения. Все это вместе с продолжающимся развитием систем второго поколения будет создавать новые возможности в сфере бизнеса не только для изготовителей аппаратуры и операторов, но также и для использующих эти сети провайдеров информационного наполнения и прикладных программ.

В данном дипломе рассматривались принципы построения воздушного интерфейса WCDMA. Особое внимание обращается на те особенности, которые отличают WCDMA от GSM и IS - 95. Приводятся основные параметры WCDMA на физическом уровне.

Для проектирования и организации связи беспроводного абонентского доступа с применением технологии WCDMA в Алматинском регионе требовались дополнительные каналы.

Описывали концепцию расширения и сжатия (свертки) спектра сигнала, за этим следует рассмотрение многолучевого радиоканала и приемника Rake.

А также мягкая и полумягкая эстафетные передачи управления (хэндовер). Необходимость использования управления мощностью и его реализация, а также мягкого и полумягкого хэндовера.

А также составлены по экономической части бизнес-план. Полученных результатов показывает, что при капитальных вложениях равных 46140600, эксплуатационных расходах – 19372180, доходы компании составят 26100000, а чистая прибыль – 11001374, что срок окупаемости, а без дисконирования – 1,9.

Сравнение расчетного срока окупаемости с нормативным свидетельствуют о целесообразности внедрения данного проекта на сети мобильной связи WCDMA в регионе.

## Список литературы

1. Громаков Ю.А. Стандарты и системы подвижной радиосвязи. - М.: Радио и связь, 1998.-238с.
2. Варакин Л.Е. Теория систем сигналов. - М.: Радио и связь, 1978. - 330с.
3. Ульянов Т. Техника подвижной систем связи. - М.: РиС, 1988. - 223с.
4. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы. М.: Высшая школа, 1988.-448с.
5. Технические документации для организации WCDMA.
6. Райкин П. Новые возможности в стандарте GSM. ж. Вестник связи.№3 1999.
7. К беспроводной связи 3-го тысячелетия. ж. Мобильные системы 1999,
8. С.Н. Песков, И.А. Колпаков, С.Ю. Колгатин. Рекомендации по внедрению DVB эфирного вещания. Сетевое планирование // «Теле-Спутник» №8, 2007. С.102-106.
9. ETSI TR 101 190 v1.2.1 (2004-11). Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for DVB terrestrial services; Transmission aspects.
10. ETSI TR 102 377 v1.2.1 (2005-11). Digital Video Broadcasting (DVB); DVB-H Implementation Guidelines.
11. М. Локшин. Основы планирования наземных сетей телевизионного и ОВЧ-ЧМ-вещания. Зоны обслуживания радиостанций // Broadcasting” №4, 2006. С.28-31.
- 12.Охрана труда на предприятиях связи и охрана окружающей среды. /Н.М. Баклашов и др. - М.: Радио и связь, 1989. - 288с.
- 13.Долин П.А. Справочник по технике безопасности. М.: Энергоиздат, 1982. - 800с.
14. Научная организация и нормирование труда на предприятиях связи. /А.И. Очакова и др. - М.: Радио и связь, 1988. - 240с.
15. Спивак Г.И. Шепелев А.Г. Электробезопасность на предприятиях связи.- М.: Радио и связь, 1984.
16. Вентиляция производственных помещений: Методическое указание к выполнению дипломного проекта / М.К. Дюсебаев. – Алма-Ата: РУМК, 1986. – 41 с.
17. Алибаева С.А. Методические указания к экономической части дипломного проекта для специальности (для студентов всех форм обучения, направление 652400 – радиоэлектроника и телекоммуникации).- Алматы: АИЭС, 2001.
18. <http://www.alcatel.ru>