

РОСЖЕЛДОР
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Ростовский государственный университет путей сообщения»
(ФГБОУ ВО РГУПС)

Х.Ш. Кульбикаян, Б.Х. Кульбикаян, А.В. Шандыбин

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ БЕСПРОВОДНЫХ
ТЕЛЕКОММУКАЦИОННЫХ СИСТЕМ И СЕТЕЙ

Учебно-методическое пособие
для лабораторных работ

Ростов-на-Дону
2017

УДК 656.25(07) + 06

Рецензент – кандидат технических наук, доцент Д.В. Швалов

Кульбикаян, Х.Ш.

Современные технологии беспроводных телекоммуникационных систем и сетей: учебно-методическое пособие для лабораторных работ / Х.Ш. Кульбикаян, Б.Х. Кульбикаян, А.В. Шандыбин – ФГБОУ ВО РГУПС. – Ростов н/Д, 2017. – 141 с.

Рассмотрены краткие сведения из теории о современных технологиях беспроводных телекоммуникационных систем и сетей. приведены методические указания к лабораторным работам предусмотренные РПД. Показаны оборудования рабочего места , алгоритм производства измерений и обработки результатов.

Предназначено для студентов специальности «Системы обеспечения движения поездов» всех форм обучения, изучающих дисциплину «Современные технологии беспроводных телекоммуникационных систем и сетей».

Одобрено к изданию кафедрой «Связь на железнодорожном транспорте».

© Кульбикаян Х.Ш., Кульбикаян Б.Х.,
Шандыбин А.В., 2017
© ФГБОУ ВО РГУПС, 2017

Оглавление

1. ИССЛЕДОВАНИЕ И ПОСПРОЕНИЕ ДИАГРАММЫ УРОВНЕЙ КАНАЛА СВЯЗИ МЕЖДУ БС И АС	5
1.1 Цель	5
1.2 Краткие сведения из теории	5
1.3 Описание лабораторной установки.....	10
1.4 Методические указания по выполнению исследований.....	11
1.5 Содержание отчета.....	12
1.6 Контрольные вопросы.....	12
2. ИССЛЕДОВАНИЕ И ОЦЕНКА УРОВНЯ СИГНАЛА ДЛЯ ЗАДАННОЙ ТРАССЫ ПО МОДЕЛЯМ ОКАМУРЫ И ХАТА	12
2.1Цель.....	13
2.2 Краткие сведение из теории	13
2.3Описание лабораторной установки.....	39
2.4 Содержание отчета.....	39
2.5 Контрольные вопросы.....	39
3. ИССЛЕДОВАНИЕ И ЧАСТОТНО-ТЕРРИТОРИАЛЬНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ СОТОВОЙ СЕТИ СВЯЗИ.....	40
3.1 Цель работы	40
3.2 Содержание работы.....	41
3.3 Приборы и оборудования	41
3.4 Краткие сведения из теории.....	41
3.5Частотно-территориальное планирование сети	52
3.6. Расчет оборудования.....	56
4.ИССЛЕДОВАНИЕ И ИЗУЧЕНИЕ ПРИНЦИПА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТРАНКИНГОВОЙ СИСТЕМЫ SMARTRUNK-II.....	60
4.1 Цель работы	61
4.2 Содержание работы.....	61
4.3 Оборудование	61
4.4 Краткие сведения из теории.....	61
4.5Основные особенности построения, характеристики и услуги	61
транкинговых систем радиосвязи.....	61
4.6. Система транкинговой радиосвязи SmarTrunk II.....	65
4.7 Содержание отчета:.....	74

4.8 Контрольные вопросы	74
5.КОНФИГУРИРОВАНИЕ ТРАНКИНГОВОЙ РАДИОСТАНЦИИ «SMARTRANK-II».....	74
5.1 Цель работы	75
5.2 Содержание работы	75
5.3 Оборудование	75
5.4 Программирование контроллера базовой станции.....	75
5.5 Телефонные префиксы	81
5.6 Запись данных в контроллер	82
5.7 Транкинговый контроллер ST-853.....	83
5.8 Содержание отчета:	87
5.9 Контрольные вопросы.....	87
6.ИССЛЕДОВАНИЕ И ИЗУЧЕНИЕ СИСТЕМ ШИРОКОПОЛОСНОГО ДОСТУПА.....	88
6.1 Цель работы	88
6.2 Содержание работы.....	88
6.3 Оборудование	88
6.4 Краткие сведения из теории	88
6.5 Выполнение работы	91
6.6 Содержание отчета:.....	99
6.7 Контрольные вопросы:	99
7. ИЗУЧЕНИЕ СИСТЕМЫ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ С ОБРАТНЫМ КАНАЛОМ	100
7.1 Цель работы.....	100
7.2 Содержание работы	100
7.3.Приборы и оборудование	100
7.4.Краткие сведения	100
7.5 Состав системы GPS	102
7.6 Работа GPS-навигатора.....	103
7.7 Современное состояние	111
7.8 Системы спутниковой навигации ГЛОНАСС и GPS	113
7.9.Характеристика трекер TR-102.....	123
7.10. Установка и работа с программой «Call Center»	129
7.11. Работа с трекером.....	137
7.13. Возможные проблемы и их решение	139

1. ИССЛЕДОВАНИЕ И ПОСПРОЕНИЕ ДИАГРАММЫ УРОВНЕЙ КАНАЛА СВЯЗИ МЕЖДУ БС И АС

1.1 Цель

Ознакомление с моделированием особенностей трасс распространения сигнала в ССПО для повышения точности расчетов медианной мощности сигнала в конкретных условиях на примере исследования влияния изменений плотности и этажности застроек в месте расположения подвижного объекта (МРПО).

1.2 Краткие сведения из теории

Используемая в предыдущей лабораторной работе аппроксимация Окамуры - Хата не позволяет исследовать влияние изменений высоты зданий, типа и плотности застройки на величину медианного ослабления сигнала. Неясным является вопрос, для какой высоты и плотности застроек они приводятся и как параметры застройки влияют на дальность обслуживания БС.

С точки зрения распространения сигналов при нахождении ПО среди застроек здания можно подразделить на два типа: пропускающие электромагнитные колебания (кирпичные, деревянные) со сравнительно небольшим в пределах нескольких децибелл затуханием (полупрозрачные для электромагнитных волн) и здания, отражающие электромагнитные волны с затуханием при отражении также в пределах нескольких децибелл. Здесь мы будем рассматривать распространение БС-ПО в силу большей наглядности и удобства моделирования, а результаты моделирования в силу линейности каналов будут справедливы для обратного направления ПО - БС, определяющего надежность связи ССПО.

Особенности распространения сигналов среди зданий первого типа показаны на рис. 1.1. Возможные пути распространения сигналов от БС к ПО и наоборот следующие:

- путь 1 - за счет дифракции на здании ЗД4 по направлению к ПО,
- путь 2 - за счет дифракции на здании ЗД3 по направлению к ПО;

- путь 3 - за счет дифракции на здании ЗД2 по направлению к ПО и т.д.

В результате на антенну ПО приходят несколько сигналов: 1, 2, 3 и т.д. Ослабления сигнала в направлении 1 максимально за счет дифракции по сравнению с другими путями распространения сигнала, но при этом сигнал 1 не поглощается в застройках. В отличие от пути 1 сигналы 2, 3 и т.д. поглощаются в застройках.

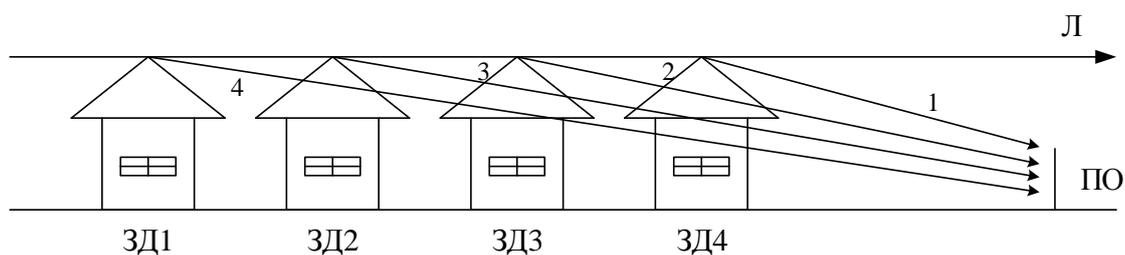


Рисунок 1.1

Особенности распространения сигналов для ПО второго типа показаны на рис. 2. Здесь прием сигналов возможен за счет:

- дифракции на ЗД1 по пути 1,
- дифракции на ЗД1 и последовательных отражений от зданий ЗД2, ЗД1 по путям 2, 3 и т.д.

При распространении сигнала по пути 1 потери за счет дифракции максимальны. Эти потери уменьшаются для путей 2, 3 и т.д., но увеличиваются потери за счет отражений от стен зданий, так как коэффициент отражения меньше 1.

Моделирование проведем для зданий второго типа, имеющих большую высоту по сравнению с первым типом, при нахождении ПО посередине между зданиями, как показано на рис. 1.1. Плотность застройки определяется как:

$$\Pi = r_3 / (r_3 + D_3), \quad (1.1)$$

где r_3 , - ширина здания,

D_3 - расстояние между зданиями.

Средняя плотность городской застройки близка к 0,15. Она увеличивается к центру города и уменьшается к периферии.

Квадрат модуля отражения электромагнитной волны от стены здания, равный отношению мощности отраженной волны к падающей, определяется составляющими:

$$K = K_6 K_3, \quad (1.2)$$

$$K_3 = S_{oc}/S_c, \quad (1.3)$$

где S_{oc} – площадь остекления стены железобетонного здания,

S_c – общая площадь стены здания,

K_6 – квадрат модуля отражения от сплошной стены здания без остекления.

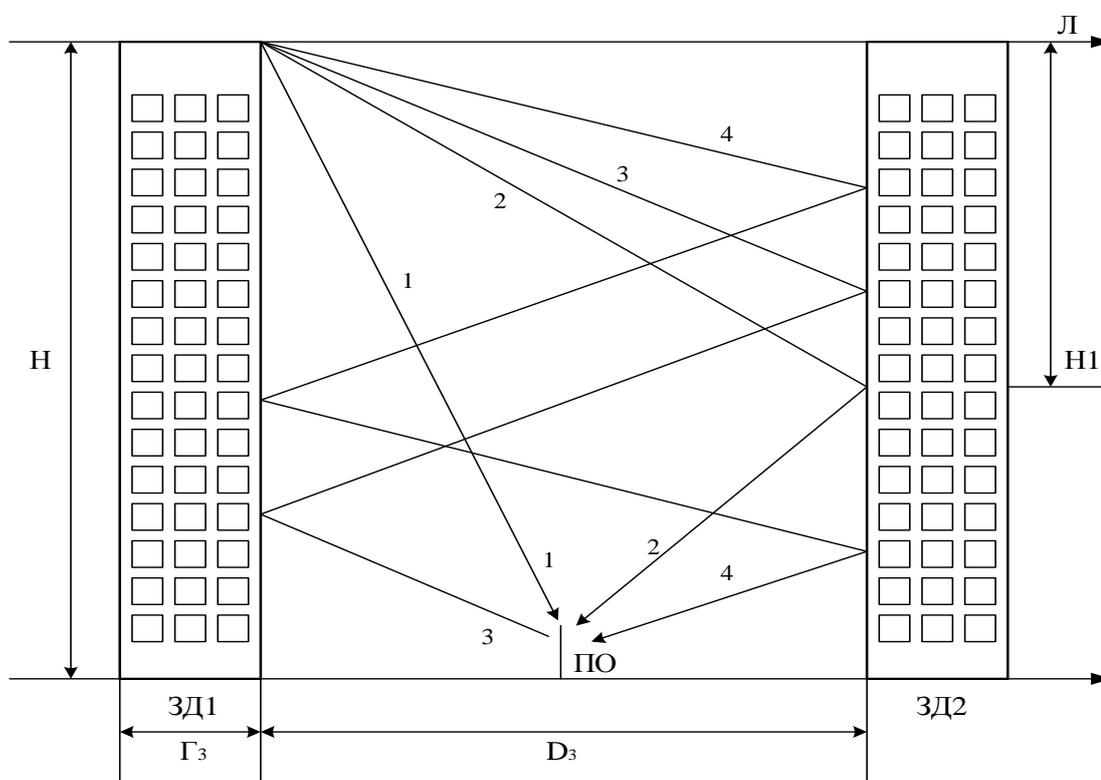


Рисунок 1.2

Электромагнитные волны, попадая на стену здания, проникают через остекление внутрь здания и там рассеиваются. Пределы изменения K_6 приблизительно лежат в пределах 0,5 - 0,9. Значения K_6 определяется количеством железной арматуры, зависящей от технологии производства и сейсмичности территории, на которой постройки располагаются. Будем полагать пределы изменений K_3 в пределах 0,2 - 0,7. Тогда K будет лежать в пределах 0,1 - 0,7 или от -10 до -3 дБ.

Для рассматриваемого случая нахождения ПО между зданиями расстояние точки первого отражения до крыши ЗД2 составит величину:

$$H_1 = (H + h_n)/(n + 0,5), \quad (1.4)$$

где H – высота зданий,

$h_n = 1,5$ м – высота антенны ПО,

n – количество отражений от стенок противоположных зданий.

Положим, что электромагнитные волны распространяются параллельно поверхности земли по пути L и поэтому H_1 соответствует закрытию трасс распространения сигнала по путям 1, 2, 3 и т.д. Тогда относительную величину закрытия можно определить:

$$p = -H_1/H_0, \quad (1.5)$$

$$H_0 \approx \sqrt{\lambda D_3(n + 0,5)/3}, \quad \text{при } D_3 \gg r, \quad (1.6)$$

λ – длина волны.

Очевидно суммарное затухание сигнала для путей распространения 1, 2, 3 и т.д. будет равно:

$$B = B_d(p) + nK_0, \text{ дБ}, \quad (1.7)$$

где $K_0 = 10 \lg K$ – затухание в дБ при однократном отражении от стены

здания,

$B_d(p)$ – дифракционное затухание при закрытии трассы.

Здесь для упрощения исследований будем пренебрегать дополнительными потерями за счет увеличения расстояния до ПО при наличии отражений от стен противоположных зданий.

Известно, что дифракционное ослабление закрытых трасс в наземных ССПО моделируется дифракционными потерями на клиновидном препятствии, несмотря на то, что реальные препятствия отличаются от клиновидного. Объяснение этого заключается в том, что при наличии любого препятствия изменяется механизм распространения, связанный с большим подавлением волны, отраженной от поверхности земли, по сравнению с прямой волной от БС. Следовательно, суммарная мощность сигнала на антенне ПО в зоне интерференционного минимума увеличивается и приближается по величине к значению, получаемому для клиновидного препятствия при других реальных препятствиях на трассе. Дифракционные потери на клиновидном препятствии равны:

$$B_d(p) = \begin{cases} -20 \lg(0,5 + 0,5p), & 0 < p < 1,22 \\ -20 \lg[0,5 \exp(0,77p)], & -1,22 < p < 0 \\ -20 \lg \left[0,4 - \sqrt{0,1184 - (0,082p + 0,38)^2} \right], & -1,96 < p < -1,22 \\ 11,2 + 20 \lg(-p), & p < -1,96 \end{cases}$$

Согласно модели на рис 1.2 необходимо в общем случае исследовать многолучевой канал с преобладанием одного из сигналов. Исследования величины этого суммарного сигнала для разных мест расположения ПО относительно зданий может служить основой исследования среднеквадратичных отклонений мощностей сигнала и уточнения этого параметра в городских застройках. Мы ограничимся исследованием медианной мощности сигнала с использованием только одного из каналов из всех Л1, Л2, Л3 и т.д., имеющего меньшие потери. Следует отметить, что при изменении параметров застройки

и коэффициентов отражений номера каналов будут меняться. Сопоставление результатов исследований с расчетами по (8) и (9) позволяет выявить привязку расчетов (8) к высоте зданий и плотности застройки. Изучаемая модель позволяет выявить основные закономерности и учесть их для проектирования ССПО с разными параметрами однородной застройки.

$$L_r = 69,55 + 26,16 \lg f - 13,82 \lg h_6 - a(h_n) + (44,9 - 6,55 \lg h_6) \lg r^b, \text{ дБ} \quad (1.8)$$

$$L_c = L_r - 4,78 (\lg f)^2 + 18,33 \lg f - 40,94, \text{ дБ} \quad (1.9)$$

1.3 Описание лабораторной установки

Лабораторная работа выполняется на персональном.

Для выполнения лабораторной работы используется пакет из двух программ:

- расчет затухания сигнала в застройках для модели на рис. 1.2. (**ЗатухЗастр**),
- исследований затухания сигнала в застройках (**ИсследЗастр**).

Расчет ослабления сигнала в МРПО среди застроек по первой программе **ЗатухЗастр** является контрольным для выявления подготовленности пользователя к проведению исследований по второй программе **ИсследЗастр**. Расчет проводится для 10 лучей Л1, Л2 и т.д. согласно (1) - (7) по заданным преподавателем параметрам застройки. Результаты представляются в форме таблицы расчета медианной мощности сигнала для указанных преподавателем параметров. Пользователь должен выбрать сигнал с минимальным затуханием и ввести его номер в окно для ввода номера луча. При правильном выборе номера луча пользователь получает доступ к распечатке на принтере расчетной таблицы и записи введенных в файл данных с именем фамилии пользователя.

При считывании вышеупомянутого файла данных в программу **ИсследЗастр** производятся расчеты затухания сигналов по тем же формулам с автоматическим выбором луча для следующих высот одинаковых зданий: 5, 10, 20, 50 и 100 в метрах и плотностей застройки: 0,02, 0,05, 0,1, 0,2, 0,4 и 0,8. Результаты расчета записываются в виде матриц и используются для построения графиков, которые необходимо распечатать на принтере. Там же рассчитывается и выводится на экран дисплея значение разности медианных потерь в городских и сельских районах без застроек $\Delta L_{rc} = L_r - L_c$, которое согласно (1.8) и (1.9) равно:

$$\Delta L_{rc} = 4,78 (\log f)^2 - 18,33 \log f + 40,94, \text{ дБ} \quad (1.10)$$

Выражение позволяет определить высоту и плотность застроек, для которых применима аппроксимация Окамуры – Хата.

1.4 Методические указания по выполнению исследований

1. Включить компьютер.

- Из директории, указанной преподавателем, запустить программу расчета затухания сигнала в застройках **ЗатухЗастр**.

- Ввести указанные преподавателем: частоту ССПО, значение площади остекления стены железобетонного здания, общей площади стены здания, квадрат модуля отражения от сплошной стены, высоту зданий, плотность застройки, расстояние между зданиями.

- По завершению расчетов ввести требуемый номер луча.

Если луч выбран правильно, производится распечатка таблицы на принтере и запись введенных параметров в файл данных введенных параметров с именем, соответствующем фамилии пользователя.

2. Из директории, указанной преподавателем, запустить программу исследований ослабления сигнала **ИсследЗастр**. Считать записанный вами в п.1 файл данных с именем, соответствующем фамилии пользователя. Записать

расчетное значение разности медианных значений затуханий сигнала в сельских и городских районах $\Delta L_{гс}$. Распечатать на принтере графики затуханий сигнала в зависимости от высоты зданий и плотности застроек.

1.5 Содержание отчета

1. Исследуемая модель распространения сигнала в застройках.
2. Основные соотношения для моделирования особенностей распространения сигнала в застройках.
3. Распечатка таблицы выбора луча для расчета медианного ослабления сигнала в застройках.
4. Графики расчета медианных значений потерь сигнала в зависимости от высоты зданий и плотности застройки.
5. Рекомендации по границам применимости аппроксимаций Окамуры - Хата для расчета ССПО.
6. Выводы.

1.6 Контрольные вопросы

2. Особенности распространения электромагнитных волн в сетях мобильной связи?
3. Какое соотношение определяет мощность сигнала излучения на выходе приемной антенны?
4. Как определяется расстояние прямой геометрической видимости между приемной и передающей антеннами?
5. Что такое Зона Френеля и как определяется ее радиус?
6. Что такое многолучевое распространения радиоволн?
7. В чем отличие медленного и быстрого замирания?
8. Какие факторы влияют на уровень сигнала при распространении в сетях связи?

2. ИССЛЕДОВАНИЕ И ОЦЕНКА УРОВНЯ СИГНАЛА ДЛЯ ЗАДАННОЙ ТРАССЫ ПО МОДЕЛЯМ ОКАМУРЫ И ХАТА

2.1 Цель

Исследования и оценка уровня сигнала заданной сети для трассы мобильной сети по моделям Окамуры и Хата

2.2 Краткие сведения из теории

2.2.1 Модели предсказания уровня принимаемого радиосигнала

Существует ряд моделей для прогнозирования уровня радиосигнала в системах подвижной радиосвязи. В городских условиях практически нет прямой видимости между антеннами БС и АС, и мощность принятого сигнала оказывается значительно ниже, чем в свободном пространстве. Дополнительное ослабление в городе на частоте 900 МГц в среднем составляет 20...30 дБ при протяженности трассы 1...10 км. Это ослабление вызвано в основном отражением и рассеянием энергии сигнала на крупных строениях.

Рельеф местности существенно влияет на уровень сигнала. Известны два основных метода для учета его влияния: детерминированный и статистический. Первый позволяет рассчитать множитель ослабления по конкретному профилю пролета. Он широко используется для энергетических расчетов в линиях связи по схеме «от точки к точке», например в радиорелейных линиях. В этом случае медианное значение мощности сигнала в точке приема – это то, которое превышает в течение 50% времени наблюдения (например, месяца). В сотовых системах, где БС должна обеспечить связь на территории соты, часто применяют статистический метод, при котором параметры рельефа (высота препятствий, их форма и взаимное расположение, наклон местности и т.п.) считаются случайными величинами. Характер рельефа местности в соте оценивают параметрами, усредненными на участках трассы протяженностью 5...10 км.

Выбор энергетических параметров в сотовых системах радиосвязи должен обеспечить уверенный прием в зоне обслуживания БС. В точках приема на границе соты уровни сигнала будут различными вследствие неодинакового влияния застройки и рельефа местности. Поэтому в сотовых системах радиосвязи путем усреднения по двум параметрам: по времени и по местоположению (по числу точек приема) определяют усредненную медианную мощность сигнала (УММС). УММС – это такое значение, которое не превышает в течение 50% времени наблюдения и в 50% точек приема, находящихся на расстоянии r от передающей станции. Для дальнейших расчетов обозначим эту величину как:

$$p_m(r) = p_{MLT}(r, 50\%, 50\%). \quad (2.1)$$

2.2.2 Модель Окамуры.

Основана на экспериментальных результатах, полученных Окамурой. Сначала определяется ослабление сигнала при распространении для квази-

гладкой местности. Трасса протяженностью несколько километров, на которой средняя высота неровностей не превышает 20 м, определена в модели Окамуры как «квазигладкая».

В модели Окамуры приняты базовые значения высоты антенны АС $\tilde{h}_{АС} = 3$ м и эффективной высоты антенны БС $\tilde{h}_{БС} = 200$ м, причем последняя определяется над средним уровнем квазигладкой поверхности. Для квазигладкой местности уровень УММС

$$p_m(r) = p_0(f, r) - a_m(f, r) + H_1(h_{БС}, r) + H_2(h_{АС}, f). \quad (2.2)$$

где $a_m(f, r)$ – дополнительное ослабление сигнала в городе (медианное значение), определенное для квазигладкого городского района при базовых высотах антенн БС и АС; $H_1(h_{БС}, r)$ – коэффициент «высота – усиление антенны БС», учитывающий, что высота антенны БС может отличаться от значения 200 м; $H_2(h_{АС}, f)$ – коэффициент «высота – усиление антенны АС», учитывающий влияние реальной высоты антенны АС.

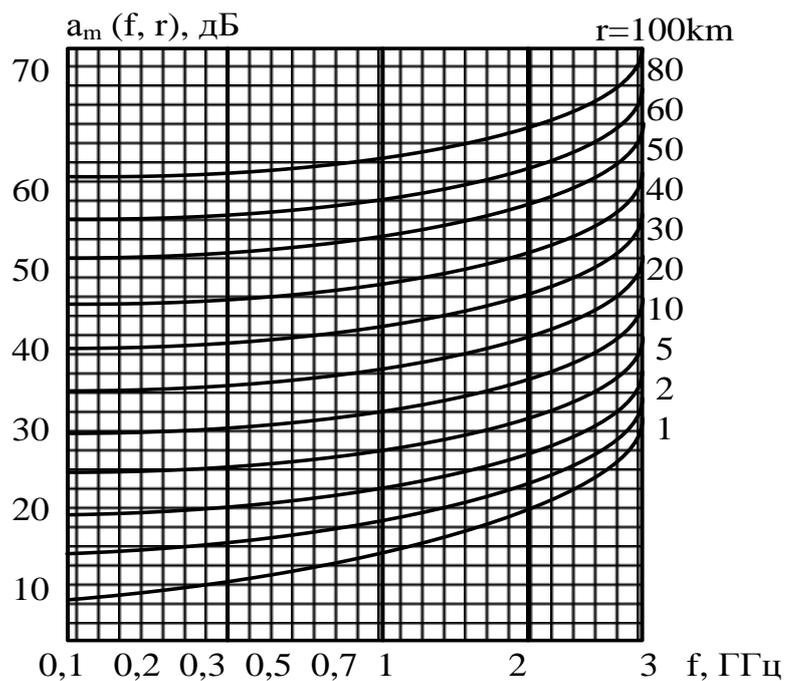


Рисунок 2.1 – Медианное ослабление сигнала на городских трассах протяженностью r

Уровень мощности сигнала $p_0(f, r)$ может быть рассчитан по формуле, представленной ранее. Все остальные величины в (2.2) Окамура получил экспериментально, и они представлены в литературе в виде графиков. Дополнительное ослабление сигнала в городе $a_m(f, r)$ показано графически на рис. 2.1.

Экспериментально установлено (рис. 2.2), что влияние высоты антенны БС зависит от расстояния между АС и БС и практически не зависит от частоты в диапазоне 200 ... 2000 МГц. На рис. 2.2 номера кривых соответствуют трассам: (1) $70 \text{ км} \leq r < 100 \text{ км}$; (2) $r = 40 \text{ км}$; (3) $r = 20 \text{ км}$; (4) $1 \text{ км} < r < 10 \text{ км}$;

(5) $r = 1$ км; (6) $r = 100$ км; (7) $r = 70$ км; (8) $r = 10$ км; (9) $r = 20$ км; (10) $r = 40$ км.

При $r \leq 10$ км мощность принимаемого сигнала изменяется пропорционально квадрату высоты антенны, а при $r \geq 30$ – пропорционально кубу высоты, так что

$$H_1(h_{\text{БС}}, r) = 20 \lg[h_{\text{БС}}/\tilde{h}_{\text{БС}}] \text{ при } r \leq 10 \text{ км}; \quad (2.3,а)$$

$$H_1(h_{\text{БС}}, r) = 30 \lg[h_{\text{БС}}/\tilde{h}_{\text{БС}}] \text{ при } r > 30 \text{ км}. \quad (2.3,б)$$

При $r > d_{\text{РГ}}$ уровень сигнала на входе приемника определяет дифракционная составляющая электромагнитного поля.

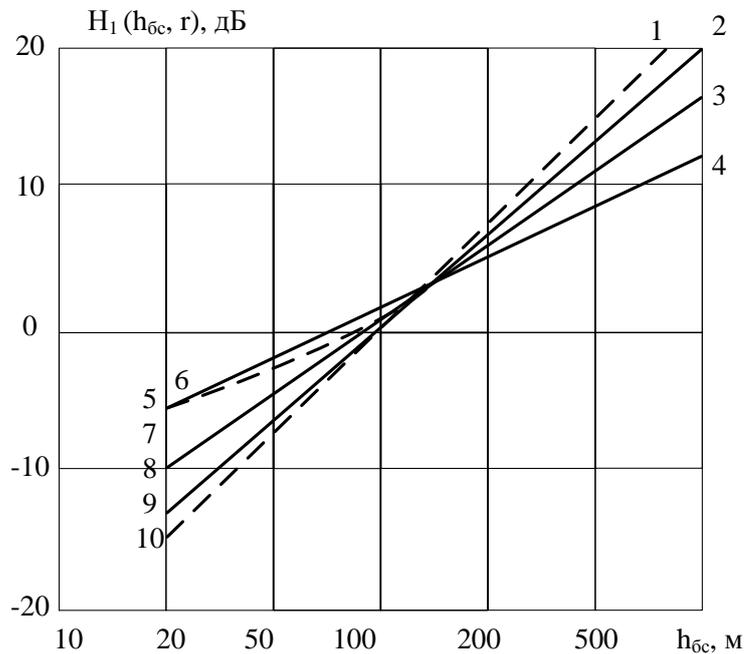


Рисунок 2.2 – Коэффициент «высота-усиление БС»

При этом чем выше установлены антенны БС, тем больше уровень принимаемого сигнала. Как правило, высота антенны БС составляет десятки – сотни метров, высота антенны АС – несколько метров. На практике дальность радиогоризонта равна примерно 25 км и 50 км при высоте антенны БС соответственно 50 м и 200 м.

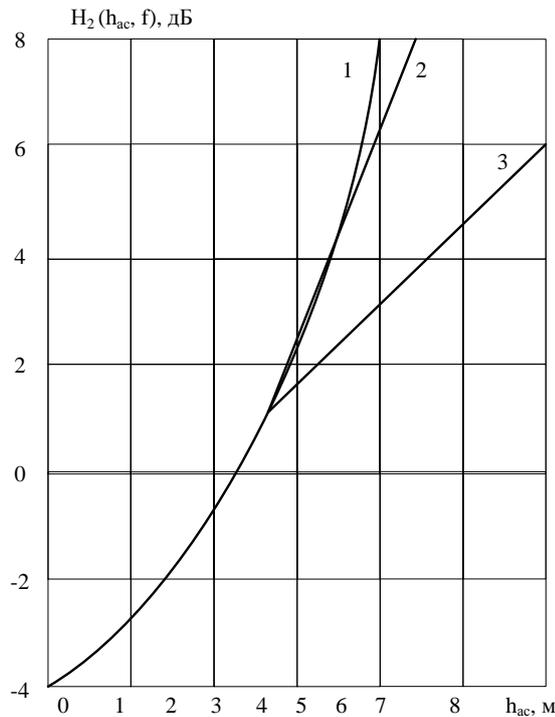


Рисунок 2.3 – Коэффициент «высота – усиление АС»

Экспериментально установлено (рис. 2.3), что влияние высоты антенны АС не зависит от протяженности трассы, поскольку эти антенны расположены ниже уровня городской застройки. На рис. 3 кривая 1 соответствует крупному городу, кривая 2 – среднему городу при $f = 400$ МГц и кривая 3 – среднему городу при $f = 2$ ГГц. Кроме того, при $h_{AC} < 3$ м влияние антенны АС одинаково на всех частотах и не зависит от характера застройки.

Экспериментальные данные позволяют записать

$$H_2(h_{AC}, f) = 10 \lg[h_{AC}/\tilde{h}_{AC}]. \quad (2.4)$$

При установке антенны АС выше трех метров значение коэффициента $H_2(h_{AC}, f)$ становится зависимым от характера застройки. Для среднего города этот коэффициент зависит от частоты. При $h_{AC} > 3$ м для среднего города имеем:

$$\begin{aligned} H_2(h_{AC}, f) &= 20 \lg[h_{AC}/\tilde{h}_{AC}] \text{ при } f \leq 400 \text{ МГц;} \\ H_2(h_{AC}, f) &= 30 \lg[h_{AC}/\tilde{h}_{AC}] \text{ при } f > 2000 \text{ МГц.} \end{aligned}$$

Для крупных городов коэффициент «высота – усиление антенны АС», не зависит от частоты и при $h_{AC} > 3$ м остается справедливым соотношение (2.4).

Модель Окамуры позволяет для местности, которая не относится к квази-гладкой, введением поправочных коэффициентов в (2.2), рассчитывать ожидаемый уровень медианной мощности сигнала с учетом характера местности:

$$p_{MZ}(r) = p_M(r) + K_{Z_{откр}} + K_{Z_H} + K_{Z_{зм}} + K_{Z_x}. \quad (2.5)$$

где $K_{Z_{откр}}$ – поправочный коэффициент для пригородной зоны и открытой местности; K_{Z_H} – поправочный коэффициент для трассы с наклоном; $K_{Z_{зм}}$ – поправочный коэффициент для участка «земля-море». K_{Z_x} – поправочный коэффициент для холмистой местности.

В пригородной зоне потери сигнала при распространении меньше, чем в городе, поскольку в ней ниже здания и меньше препятствий. Как установил Окамура, эти потери уменьшаются с ростом частоты, т.е. коэффициент $K_{Z_{откр}}$ растет. Его значения можно определить по табл. 2.1.

Таблица 2.1

$f, \text{МГц}$	$K_{Z_{откр}}$	
	Пригород	Открытая местность
400	8	24
1000	10	30

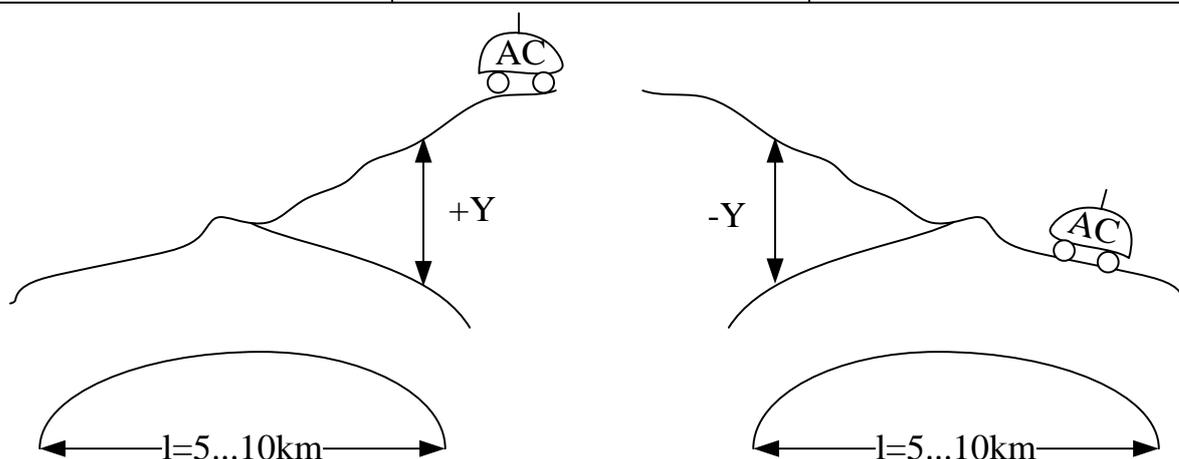


Рисунок 2.4 – К определению угла наклона местности

Под трассами с наклоном подразумевают трассы, на которых рельеф плавно понижается (или повышается) на расстоянии 5 км и более. Для нее определяют средний угол наклона Y (рис. 2.4, а). Угол считается отрицательным, если АС расположена на нижнем участке трассы (рис. 2.4, б). В этом случае дополнительный рост или потери мощности сигнала при его распространении нужно учитывать с помощью коэффициента K_{Z_H} (рис. 2.5).

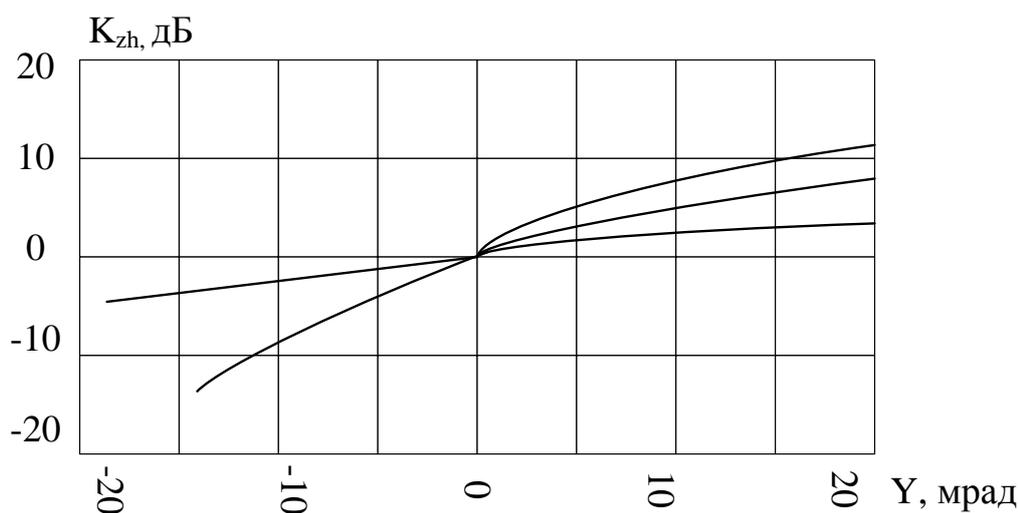


Рисунок 2.5 – Коэффициент, учитывающий влияние наклона местности:
 1 – $r > 60$ км; 2 – $r > 30$ км; 3 – $r < 10$ км

Мощность сигнала возрастает, если трасса пересекает водную поверхность. Коэффициент $K_{Z_{\text{н}}}$ зависит от отношения $b = r_B/r$, где r_B – протяженность трассы над водой. Кривая 1 на рис. 6 определяет $K_{Z_{\text{н}}}$ для случая, когда водная поверхность ближе к приемной станции, кривая 2 – к передающей.

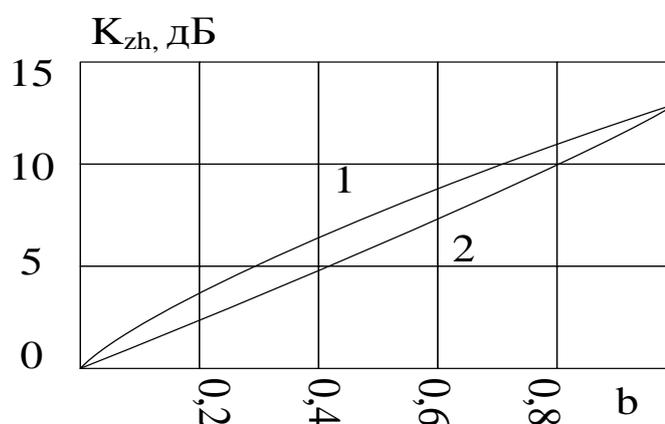


Рисунок 2.6 – Коэффициент «земля-море»

При распространении сигнала над холмистой поверхностью потери распространения увеличиваются по сравнению со случаем квазигладкой местности. Значение $K_{Z_{\text{н}}}$ (рис. 2.7, б) зависит от Δh – средней высоты неровностей, которая может быть определена по рис. 2.7, а как разность между высотами h (90%) и h (10%). Здесь h (90%) и h (10%) – значения высот местности на трассе протяженностью около 10 км, превышаемые в 90% и 10% точек профиля соответственно.

Значения Δh определяют по табл. 2.2. Условие квазигладкой местности нарушается при $\Delta h > 20$ м.

Таблица 2.2

Тип местности	Δh , м	Тип местности	Δh , м
Слегка холмистая равнина	20 ... 40	Горы	150 ... 300
Холмистая равнина	40 ... 80	Высокие горные массивы	300 ... 700
Холмы	80 ... 150	Очень высокие горные массивы	Свыше 700

Влияние расстояния. В общем случае при удалении АС от БС мощность сигнала, принятого на АС, уменьшается по закону

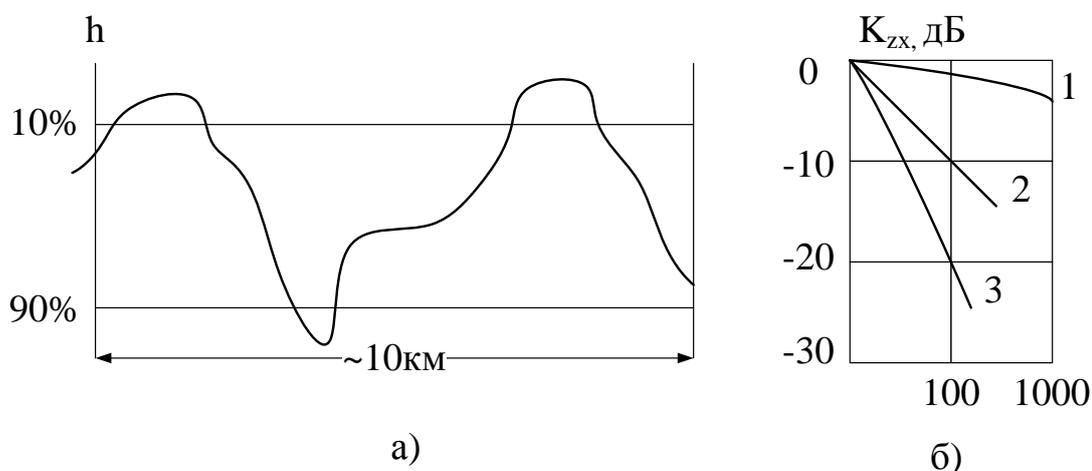


Рисунок 2.7 – К оценке влияния холмистой местности:
а – к оценке поверхности, б – поправочный коэффициент для АС
(1 – у вершины холма; 2 – промежуточное положение; 3 – у основания холма)

$$P_M = K_0(R^*)(r/R^*)^{-n}, \quad (2.6)$$

где

$$P_M = 10^{0,1p_M(r)}; \quad (2.7)$$

n – показатель затухания; $R^* = 1$ км – эталонная длина трассы; $K_0(R^*) = P_M(R^*)$.

Для свободного пространства $n = 2$. В городских условиях ослабление сигнала гораздо больше, и показатель затухания, полученный на основании обработки результатов измерений Окамуры, зависит от расстояния до АС и высоты антенны БС, как показано на рис. 2.8.

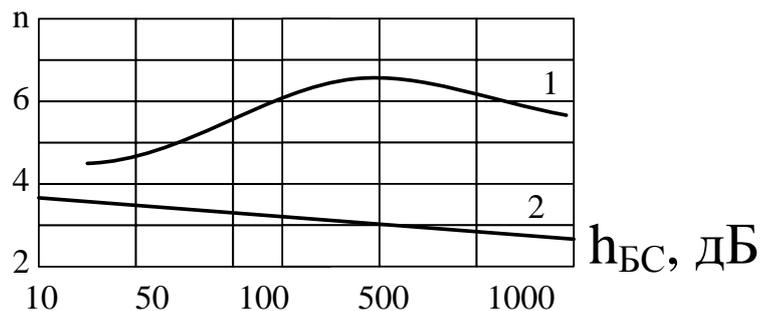


Рисунок 2.8 – Показатель затухания:
 1 – $40 \text{ км} < r < 100 \text{ км}$; 2 – $1 \text{ км} < r < 15 \text{ км}$

Если расстояние между БС и АС не превышает 15 км, то показатель степени $n = 4$ при малой высоте антенны БС; при больших высотах $n \approx 2,5$, т.е. приближается к значению для свободного пространства. Если же $r > 40 \text{ км}$, то уровень сигнала резко падает с увеличением расстояния.

В большинстве задач принимают $n = 4$ в условиях городской застройки. В таком случае вместо (2.6) запишем для УММС

$$P_m(r) = K_0 r^{-4}. \quad (2.8)$$

где

$$K_0 = P_m(1), \quad (2.9)$$

– медианная мощность сигнала на расстоянии 1 км от БС, которую можно рассчитать по (2.2) и (2.7), либо (2.5) и (2.7); r – расстояние между БС и АС, выраженное в километрах.

Влияние рабочей частоты. Итак, сигнал в городе испытывает большее ослабление, чем в свободном пространстве. С ростом рабочей частоты эта тенденция усиливается. В данной задаче удобно представить УММС как

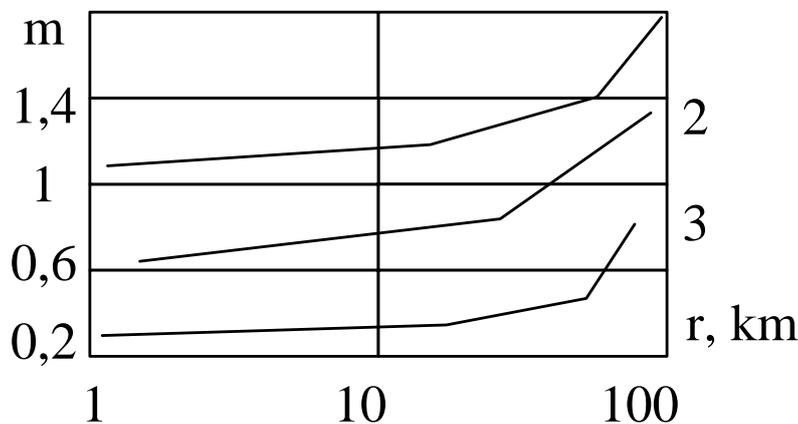


Рисунок 2.9 – К определению показателя m

$$P_M(f) = K_F f^{-4(2+m)},$$

где K_F – коэффициент пропорциональности, значение которого можно определить при энергетическом расчете аналогично K_0 , m – показатель, установленный экспериментальным путем.

Для свободного пространства $m = 0$. В остальных случаях он определяется по рис. 9, где кривые 1 – 3 были получены при разных значениях частоты: 1 при $f = 1 \dots 2$ ГГц; 2 при $f = 0,5 \dots 1$ ГГц; 3 при $f = 100$ МГц. При $r = 1 \dots 10$ км значение m практически определяют частота, при $r > 10$ км ослабление сигнала с ростом частоты увеличивается и зависит от r .

Экспериментальные результаты Окамуры распространяются на диапазон расстояний 1... 100 км и диапазон частот от 100 МГц до 3 ГГц.

2.2.3 Модель Окамуры-Хата

Результаты экспериментальных измерений Окамуры положены в основу модели Хата. Эмпирические зависимости, используемые в модели Окамуры в виде графиков, с этой модели представлены в виде аппроксимирующих их формул. Согласно этой модели вместо (2.2) представим уровень УММС как

$$p_M(r) = p_{\Pi} + g_1 + g_2 - a_1 - a_2 - a_{MX}(f, r, h_{BC}, h_{AC}), \quad (2.10)$$

где $a_{MX}(f, r, h_{BC}, h_{AC})$ – суммарное ослабление радиосигнала при распространении для модели Хата при статистическом учете параметров местности (a выражено в децибелах, r – в километрах):

- для города

$$a_{MX}(f, r, h_{BC}, h_{AC}) = A + B \lg r; \quad (2.11)$$

- для пригородной зоны

$$a_{MX}(f, r, h_{BC}, h_{AC}) = A + B \lg r - C; \quad (2.12)$$

- для открытой местности

$$a_{MX}(f, r, h_{BC}, h_{AC}) = A + B \lg r - D. \quad (2.13)$$

Здесь аппроксимирующие коэффициенты:

$$A = A(f, h_1, h_2) = 69,55 + 26,16 \lg(f) - 13,82 \lg(h_{BC}) - \alpha(h_{AC});$$

$$B = B(h_{BC}) = [44,9 - 6,55 \lg(h_{BC})];$$

$$C = C(f) = 2[\lg(f/28)]^2 + 5,4;$$

$$D = D(f) = 4,78(\lg f)^2 + 19,33 \lg(f) + 40,94;$$

$\alpha(h_{AC})$ – параметр, учитывающий влияние высоты антенны АС. Для крупных городов этот параметр слабо зависит от частоты однако используются две аппроксимирующие формулы:

$$\alpha(h_{AC}) = 8,28[\lg(1,54h_{AC})]^2 - 1,1 \text{ при } f \geq 200 \text{ МГц};$$

$$\alpha(h_{AC}) = 3,2[\lg(11,75h_{AC})]^2 - 4,97 \text{ при } f \geq 400 \text{ МГц};$$

для средних и малых городов этот параметр зависит от частоты:

$$\alpha(h_{AC}) = (1,1 \lg f - 0,7)h_{AC} - (1,56 \lg f - 0,8).$$

В формулах для аппроксимирующих коэффициентов принято: f – частота излучения БС, МГц; h_{BC} и h_{AC} – высоты установки антенн БС и АС, м. Модель Хата применяют при изменении значений параметров в пределах, указанных в табл. 2.3.

Таблица 2.3

Параметр	Область применения модели Хата	
	Основная	Расширенная
Рабочая частота, МГц	От 150 до 1500	Совпадает с основной
Протяженность трассы, км	От 1 до 20	До 80
Высота антенны БС, м	От 30 до 200	От 1,5 до 400
Высота антенны АС, м	От 1 до 10	Совпадает с основной

Область использования модели Хата меньше области использования модели Окамуры. Аппроксимирующие выражения по модели Хата совпадают с результатами Окамуры с точностью до 1 дБ в пределах основной области и с меньшей точностью в пределах расширенной области.

Для предсказания уровня сигнала на трассах короче 1 км существуют другие модели. Этот вопрос будет рассмотрен ниже.

2.2.4 Модель Ли «от зоны к зоне».

В моделях Ли местность классифицируют по следующим признакам:

- по инфраструктуре, сформированной человеком (характер застройки): открытая территория, пригородная зона, городская застройка;
- по естественным свойствам (характер трассы): гладкая, холмистая, трасса над водной поверхностью, трасса через лиственные леса.

Модель Ли «от зоны к зоне» создана на основании анализа результатов измерений уровня сигнала (локального среднего), опубликованных разными авторами для зон с различным характером застройки. Согласно этой модели на входе приемника АС уровень УММС

$$p_m(r) = p_l + \alpha_1 + \gamma \lg \tilde{r} + \alpha_2 + a_3 + a_4 + a_5, \quad (2.14)$$

где \tilde{r} – протяженность трассы, выраженная в милях (миля = 1,6 км); p_L – уровень УММС в точке, отстоящей от БС на 1 милю, измеренный при стандартных энергетических параметрах аппаратуры; γ – наклон кривой потерь распространения, дБ/декада, который численно равен ослаблению сигнала при увеличении длины трассы в 10 раз; $\alpha_1 \dots \alpha_5$ – поправочные коэффициенты; вводятся в случае, когда технические параметры радиointерфейса отличаются от стандартных параметров модели (см. табл. 4).

Таблица 2.4

Энергетический параметр	Стандартное значение параметра	Поправочный коэффициент
Уровень мощности передатчика БС ($p_{БС}$)	$p_{БС} = 40$ дБм	$\alpha_1 = p_{БС} - 40$
Высота антенны БС (h_1)	100 футов (30 м)	$\alpha_2 = 20 \lg(\frac{h_1}{h_1^*})$, $h_1^* = 30$ м
Коэффициент усиления антенны БС (g_1)	6 дБ	$\alpha_3 = g_1 - 6$
Высота антенны АС (h_2)	10 футов (3 м)	$\alpha_4 = 10 \lg(\frac{h_2}{h_2^*})$, $h_2^* = 3$ м
Коэффициент усиления антенны АС (g_2)	0 дБ	$\alpha_5 = g_2$

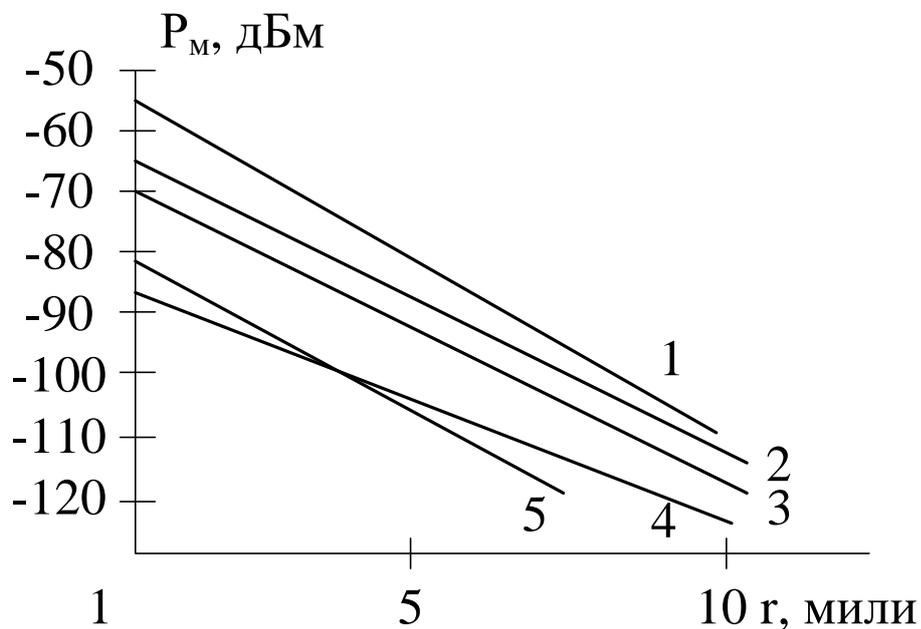


Рисунок 2.10 – Изменение уровня УММС по Ли

Таким образом, в основе модели Ли лежат два экспериментальных параметра модели: $p_{л}$ и γ , определенные при стандартных значениях энергетических параметров аппаратуры. Стандартные значения энергетических параметров аппаратуры модели даны в табл. 2.4.

Для определения параметров модели использованы результаты измерений мощности сигнала на разных трассах (рис. 2.10), полученные при стандартных значениях энергетических параметров аппаратуры, указанных в табл. 2.4. Измерения выполнены для диапазона частот стандарта AMPS. Параметры модели Ли для различных трасс приведены в табл. 2.5.

Таблица 2.5

Номер трассы	Наименование трассы	$p_{л}$, дБм	γ , дБ/декада
1	Открытая	-49	43,5
2	Типовая пригородная	-61,7	38,4
3	Филадельфия	-70	36,8
4	Токио	-84	30,5
5	Нью-Йорк Сити	-77	48
6	Свободное пространство	-45	20

Вычислим поправочные коэффициенты, записанные в табл. 2.4:

$$\alpha_2 = 20 \lg h_1 - 29,54; \quad (2.15,а)$$

$$\alpha_4 = 20 \lg h_2 - 4,77. \quad (2.15,б)$$

При подстановке в (2.14) протяженности трассы, выраженной в километрах, следует ввести поправку

$$Z_1 = \gamma \lg \left(\frac{r}{1,6} \right) = \gamma \lg(r) - 0,204 \gamma. \quad (2.15,в)$$

Подставив (15,а – 15,б) в (14), находим:

$$p_m(r) = p_{л}^* - 80,31 + p_{БС} - \gamma \lg r + 20 \lg h_1 + 10 \lg h_2 + g_1 + g_2, \quad (2.16)$$

$$p_{л}^* = p_{л} + 0,204 \gamma. \quad (2.17)$$

Определим по табл. 2.5 параметры трассы «типовая пригородная» и по (17) уровень мощности сигнала на расстоянии 1 км от БС: $p_{л}^* = -61,7 + 7,84 = -53,86$ дБм. Подставив это значение и $\gamma = 38,4$ в (16), получим:

$$p_m(r) = p_{БС} - 134,31 - 38,4 \lg r + 20 \lg h_1 + 10 \lg h_2 + g_1 + g_2, \quad (2.18)$$

Окончательно в модели Ли для трассы «типичная пригородная» принят наклон $\gamma = 40$ дБ/декада и указана контрольная точка $r = 10$ миль, в которой принят уровень мощности сигнала -100 дБм. Расчетная формула для трассы «типичная пригородная»:

$$p_m(r) = p_{\text{БС}} - 132,7 - 40 \lg r + 20 \lg h_1 + 10 \lg h_2 + g_1 + g_2, \quad (2.19)$$

(расстояние выражено в километрах, а высоты антенн – в метрах). Физический смысл слагаемых в (2.18) поясняется в табл. 2.6.

Таблица 2.6

Слагаемое формулы	Физический смысл
$p_{\text{БС}} - 132,7$	Уровень мощности сигнала на расстоянии 1 км от БС при стандартных условиях, дБм
$40 \lg r$	Учитывает влияние сформированной структуры ($\gamma = 40$ дБ/декад для трассы «типичная пригородная»)
$20 \lg h_1$	Фактор «высота-усиление антенны БС», учитывающий влияние профиля трассы
$\varepsilon = 10 \lg h_2 + g_1 + g_2$	Фактор, учитывающий отклонение технических параметров от стандартных

Зависимость от расстояния. Для трассы «типичная пригородная» (2.19) представляют в виде:

$$p_m(r) = k_{\text{Л}} - 40 \lg r, \quad (2.20)$$

где $k_{\text{Л}} = p_{\text{БС}} - 132,7 + 20 \lg h_1 + 10 \lg h_2 + g_1 + g_2$ уровень мощности сигнала в точке приема на расстоянии 1 км от БС, дБм. Соответствующая мощность сигнала:

$$k_{\text{Л}} = 10^{0,1k_{\text{Л}}}$$

Мощность сигнала в точке приема на трассе «типичная пригородная», выраженная в милливаттах,

$$p_m(r) = k_{\text{Л}} r^{-4}. \quad (2.21)$$

Аналогично (20) можно записать выражение для мощности сигнала в точке приема на трассе любого типа:

$$p_m(r) = k_{\text{ЗЛ}} r^{-n}. \quad (2.22)$$

где k_{ZL} – мощность сигнала в точке приема на расстоянии 1 км от БС, для трассы с заданным (Z) типом застройки; $n = 0,1\gamma$ – показатель затухания, зависящий от типа застройки.

При расчете реальных трасс следует сравнить рассматриваемую территорию с подходящей структурой в табл. 2.5. Поскольку все пригородные зоны похожи, то для них используют (18). Для городов показатели затухания существенно отличаются. Так, для Токио $n = 3$, а для центральной части Нью-Йорка $n = 5$. В модели Ли указано, что в случае необходимости для конкретных трасс могут быть проведены достаточно простые измерения уровня сигнала на расстоянии 1 миля и 10 миль от БС. В каждой точке должно быть выполнено по 5-7 измерений и их результаты усреднены. Локальные средние значения могут быть подставлены в (14).

Сопоставив (2.20) и (2.8), отметим, что совпали законы зависимости мощности принимаемого сигнала от протяженности трассы, полученные в модели Окамуры и в модели Ли.

2.2.5 Влияние дополнительных факторов на уровень сигнала.

Результаты расчета уровня принимаемого сигнала должны быть скорректированы с учетом дополнительных факторов. Это относится ко всем моделям. К дополнительным факторам относятся: ориентация улиц и близость лесных массивов. Особенно важно учитывать влияние дополнительных факторов вблизи БС, на участках трассы короче 1 км. При удалении от БС влияние дополнительных факторов нивелируется за счет хаотичности городской застройки и снижения среднего уровня сигнала.

При радиальном расположении городских улиц относительно БС возможно возникновение волноводного эффекта, в результате которого принимаемый сигнал может усилиться. Принятые на АС сигналы, направления распространения которых параллельны направлениям улиц, имеют уровень мощности на 10...20 дБ выше, чем сигналы, приходящие с других направлений. На частотах ниже 1 ГГц этот эффект значительно ослаблен.

На распространение сигналов в лесной зоне влияют параметры деревьев (размер ствола, размер ветвей, плотность листвы, расстояние между деревьями, высота и др.). В тропических районах с очень густыми лесами сигнал может не проходить через лесной массив, он распространяется только за счет огибания верхушек деревьев и отражения от них. Некоторые сосновые леса сильно поглощают энергию сигнала, поскольку размеры иголок соответствуют примерно половине длины волны сигнала.

Однако в ряде экспериментальных исследований было показано, что среднее погонное ослабление сигнала в листве для разных лесных массивов в данном географическом районе можно считать одинаковым для трасс длиннее 1 км. Поэтому для учета влияния листвы можно принять следующие положения.

- Потери в листве учитывают с помощью коэффициента погонных потерь, который измеряется в децибелах на декаду либо в децибелах на метр для коротких участков леса.

- Потери на участке через лиственный лес пропорциональны множителю $A_{л} = f^{-4}$, тогда как потери в свободном пространстве – множителю $A_0 = f^{-2}$. Следовательно, наличие леса на всей трассе приводит к увеличению потерь вдвое по сравнению с потерями в свободном пространстве.

- Теоретически общие погонные потери могут достигать 60 дБ/декада (табл. 2.7).

Таблица 2.7

Общие погонные потери	Составляющие общих погонных потерь		
	В свободном пространстве	За счет застройки	В листве
60 дБ/ декада	20 дБ/ декада	20 дБ/ декада	20 дБ/ декада

Потери в листве (выражены в децибелах)

$$\alpha_{л} = 20 r_{л}/(10R_1 - R_1), \alpha_{л} \approx 2,22r_{л}/R_1, \quad (2.23)$$

где R_1 – расстояние от БС до начала лесного массива; $r_{л}$ – протяженность лесного массива.

Из (2.23) видно, что чем ближе БС к началу лесного массива, тем сильнее ослабление сигнала в листве. Это положение подтверждается на практике. Поэтому следует избегать расположения БС вблизи лиственных массивов. Антенны БС должны быть подвешены выше верхушек деревьев. Если вблизи леса находится АС, лесной массив может рассматриваться как препятствие, и дополнительные потери могут быть рассчитаны по дифракционной формуле.

2.2.6 Модель Ли «от точки к точке».

Эта модель позволяет предсказать уровень сигнала с учетом профиля трассы (рельефа и параметров застройки). При этом предлагается разделять трассы по профилю рельефа местности на открытые и закрытые, подобно тому как это делают для трасс РРЛ. Только в отличие от РРЛ на открытой трассе в системах подвижной связи, как правило, нет прямой видимости между антеннами БС и АС, поскольку линию прямой видимости перекрывают городские строения. Поэтому такую трассу будем называть трассой с открытым рельефом.

В этой задаче удобно представить (2.16) в виде:

$$p_m(r) = p_m(r, h_1) - \gamma \lg(rr_0) + 20 \lg(h_{1эфф}h_1), \quad (2.24)$$

где r_0 – эталонное расстояние, h_1 – фактическая высота антенны БС; $h_{1эфф}$ – эффективная высота антенны БС для конкретного участка трассы;

$$p_m(r_0, h_1) = p_l^* - 80,31 + p_{\text{БС}} + g_1 + g_2 + 10 \lg h_2, \quad (2.25)$$

– уровень мощности сигнала на эталонном расстоянии r_0 от БС при фактической высоте антенны БС, дБм.

В (2.24) выделен коэффициент «высота – усиление антенны БС», позволяющий рассчитать изменение коэффициента усиления антенны БС при изменении профиля трассы:

$$\Delta g_1 = 20 \lg h_{1\text{эфф}}/h_1, \quad (2.26)$$

Напомним, что в моделях «от зоны к зоне» эффективная высота антенны БС определяется над средним уровнем квазигладкой поверхности. Для модели «от точки к точке» эффективная высота антенны БС зависит от рельефа трассы и может изменяться при движении АС.

Трассы с открытым рельефом. Для определения эффективной высоты антенны на профиле трассы выполняют следующие построения (рис. 2.11). Определяют потенциальную точку z отражения радиоволн от земной поверхности, для чего соединяют антенну БС с зеркальным изображением антенны АС. Точка пересечения этой линии с земной поверхностью и есть z . Строят плоскость отражения от Земли, как касательную к профилю трассы в точке z . Продолжают ее до пересечения с высотой антенны БС. След этой плоскости – линия ab . Из рисунка находим эффективную высоту антенны БС ($h_{1\text{эфф}} = 13$ м), и по (2.25) $\Delta g_1 = 20 \lg \left(\frac{h_{1\text{эфф}}}{30} \right) = 20 \lg \left(\frac{13}{30} \right) = -7,3$ дБ. Эффективная высота антенны меньше реальной, и соответственно уменьшился уровень сигнала в точке приема.

Так же можно определить вторую потенциальную точку отражения на этой плоскости z^* , соединив антенну АС с зеркальным изображением антенны БС относительно плоскости ab . Из двух потенциальных точек отражения рекомендуется рассматривать ту, которая ближе к АС, поскольку значительная часть отраженной от нее энергии может попасть к АС. При нахождении точки z следует помнить, что при построении профиля трассы используют разные горизонтальный (Γ) и вертикальный (B) масштабы. Например, если для высот масштаб 1:10000, а для расстояний – 1:100000, то коэффициент отношения масштабов Γ/B составляет $\gamma_m = 0,1$. Углы падения и отражения на чертеже профиля в системе координат с различными масштабами равны только в случае, когда плоскость отражения горизонтальна.

На рис. 2.12 эффективная высота антенны увеличилась. В этом случае $\Delta g_1 = 20 \lg \left(\frac{h_{1\text{эфф}}}{30} \right) = 20 \lg \left(\frac{47}{30} \right) = 3,9$ дБ.

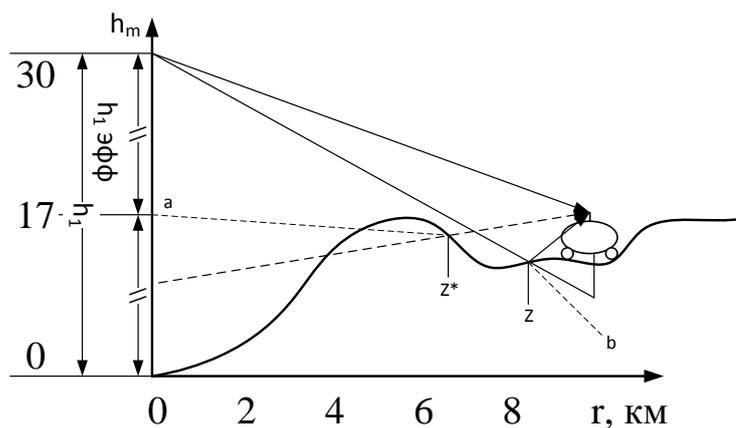


Рисунок 2.11 – К определению эффективной высоты антенны БС

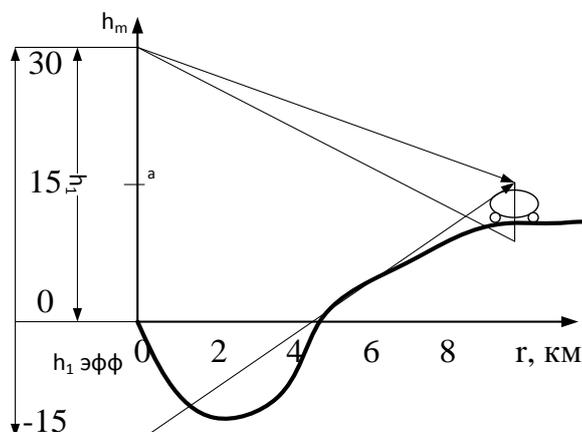


Рисунок 2.12 – К определению эффективной высоты антенны для АС на холме

Эффективная высота антенны БС будет меняться при движении АС, хотя реальная высота остается постоянной. Соответственно будет меняться уровень сигнала в точке приема.

Необходимость учитывать эффективную высоту антенны вместо реальной иллюстрирует рис. 2.13. На рис. 2.13,а высота $H \gg h_2$ и длина подстилающей поверхности l соизмерима с длиной автомобиля. В этом случае на приемник АС приходит только одна прямая волна 1 и условия распространения такие же, как в свободном пространстве. Ситуация на рис. 2.13,б отличается только тем, что значительно увеличилась длина l , так что может быть указана потенциальная точка отражения от подстилающей поверхности. На приемник АС приходят два сигнала: прямой 1 и отраженный 2. Поскольку расстояние r обычно составляет несколько километров, а высоты антенн порядка 3...30 м, то угол скольжения θ очень мал. При этом фаза коэффициента отражения около 180° . В случае, когда имеет место зеркальное отражение, могут возникать глубокие замирания сигнала на приеме.

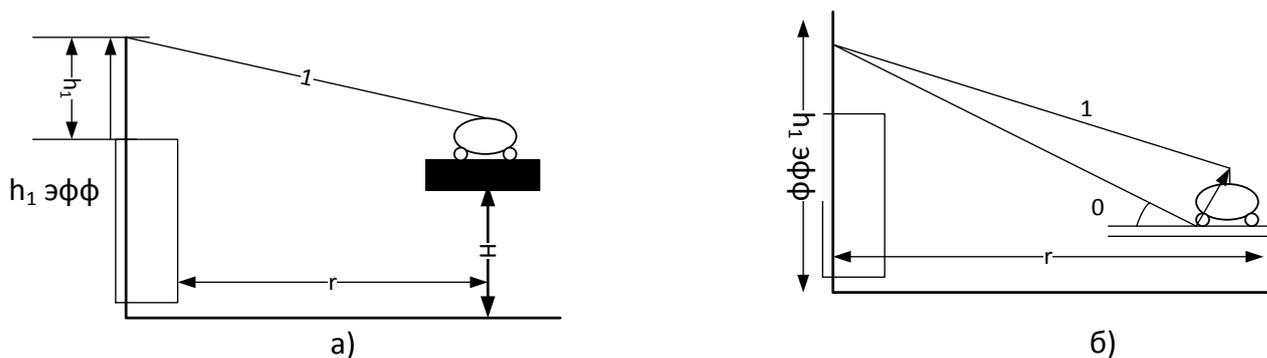


Рисунок 2.13 – К учету эффективной высоты антенны при малых (а) и больших (б) размерах подстилающей поверхности

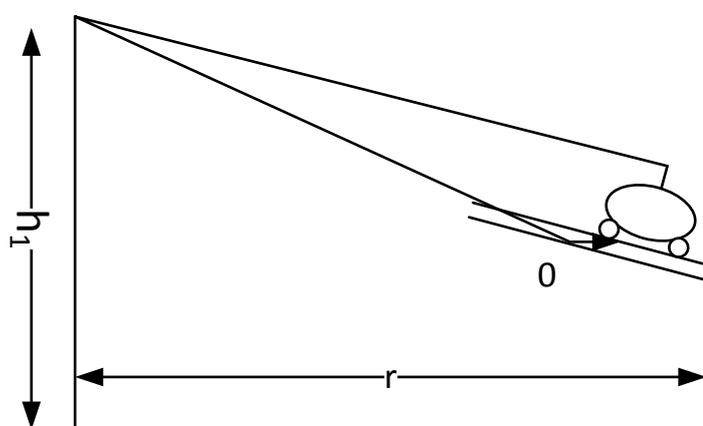


Рисунок 2.14 – К определению эффективной высоты антенны БС для АС на склоне холма

На местности с большим уклоном (рис. 2.14) сигнал, приходящий на АС, будет слабым, поскольку рельеф местности ослабляет прямую волну. Эффективная высота антенны становится очень малой.

Изменение эффективной высоты антенны БС при перемещении АС иллюстрирует рис. 15. Участки трассы с разным наклоном обозначены латинскими буквами. Пунктирные линии на рис. 2.15,а – плоскости отражения.

Изменение уровня принимаемого сигнала показано на рис. 2.15,б; сплошной линией – при расчете по модели от точки к точке; пунктирной – от зоны к зоне.

Если на трассе имеет место зеркальное отражение, то модуль коэффициента отражения $\Phi = 1$, при диффузном отражении (рассеянии) $\Phi < 0,5$. Характер отражения зависит от типа подстилающей поверхности.

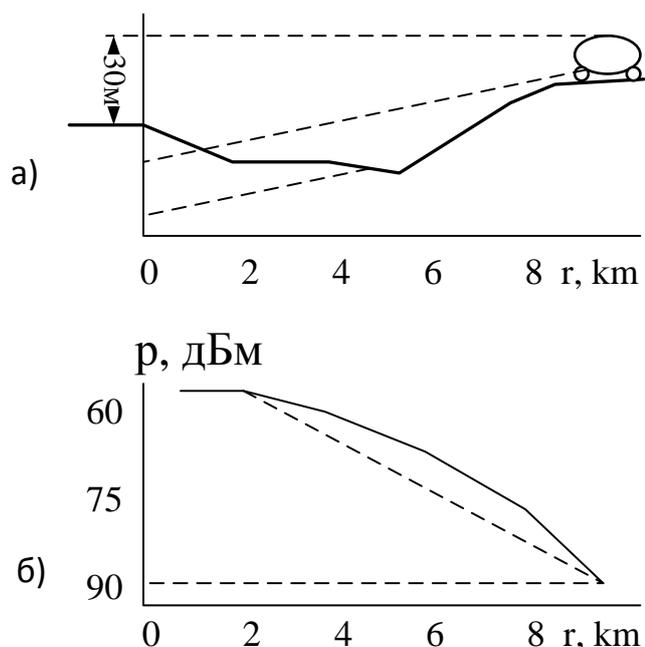


Рисунок 2.15 – Изменение эффективной высоты антенны (а) и уровня мощности (б)

Для систем с фиксированными станциями, например РРЛ, при расчете трасс над водной поверхностью используется двухлучевая модель (рис. 2.16,а), а при расчете подобных трасс для систем подвижной связи – трехлучевая модель Ли (рис. 2.16,б). При этом предполагается, что волны 2 и 3 складываются в противофазе и компенсируют друг друга. Уровень сигнала такой же как в свободном пространстве.

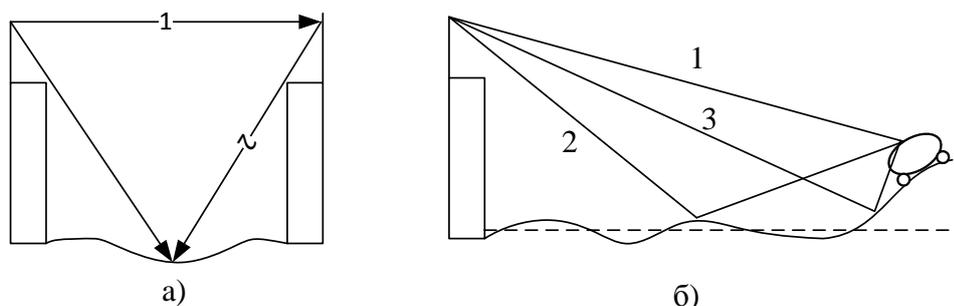


Рисунок 2.16 – Модели для учета влияния водной поверхности: двухлучевая (а) и трехлучевая (б)

Влияние городской инфраструктуры. На уровень сигнала влияет плотность застройки. При плотной застройке уровень сигнала снижается. При плотной застройке различают варианты:

- Прямая видимость между антеннами БС и МС (рис. 2.17,а). Уровень радиоволн, отраженных зданиями мал, в сравнении с основным сигналом. Замирания сигнала подчиняются закону Райса.

- Линия прямой видимости перекрыта строениями (рис. 2.17,б). Замирания сигнала подчиняются закону Релея.

В этих двух случаях средняя мощность принимаемого сигнала не одинакова. Однако различия малы, если мощность отраженных волн значительна. В обоих случаях потери распространения составляют примерно дБ на декаду.

Закрытые трассы. На них линия прямой видимости перекрыта препятствиями рельефа местности – холмами, из-за чего имеют место дифракционные потери. Последние рассчитывают, применяя теорию дифракции радиоволн на препятствии клиновидной формы. Выполняют построения, как показано на рис. 2.18.

По профилю трассы определяют три параметра: r_1 – расстояние от БС до вершины холма, r_2 – расстояние от вершины холма до АС; h_x – высоту холма с клиновидной вершиной. И вычисляют параметр v :

$$v = -h_x \sqrt{2/\lambda \cdot \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}\right)}, \quad (2.27)$$

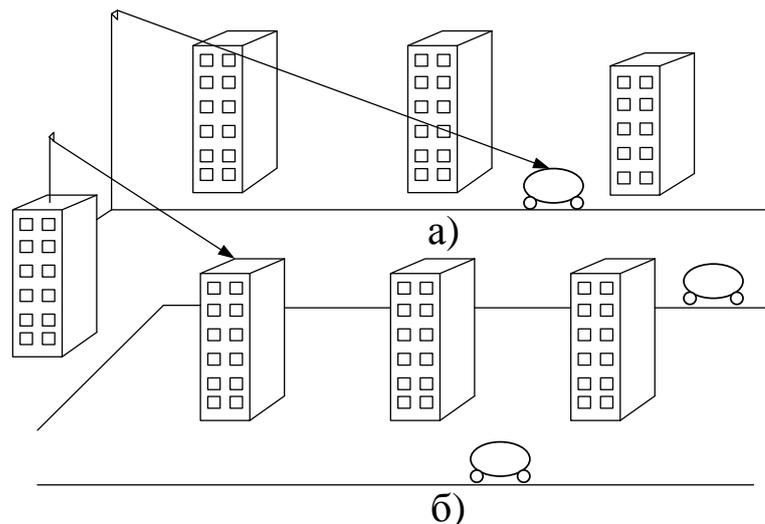


Рисунок 2.17 – К пояснению влияния плотности застройки

Высота препятствия в расчете может принимать отрицательное значение (рис. 2.19). Это означает, что трасса открытая и нет дифракционных потерь.

Теоретически следует в (2.26) подставлять значения величин r_1^* и r_2^* . Однако, учитывая разную размерность масштабов по осям x и y на рис. 18, считают, что $r_1^* \cong r_1$ и $r_2^* \cong r_2$.

Дифракционные потери $L_{\text{диф}}(v) = 20 \lg Y(v)$ выражаются в децибелах. Известно аналитическое представление величины $Y(v)$ через интегралы Френеля. В инженерной практике пользуются графическим представлением $L_{\text{диф}}(v)$, а также следующими выражениями, аппроксимирующими эти графики:

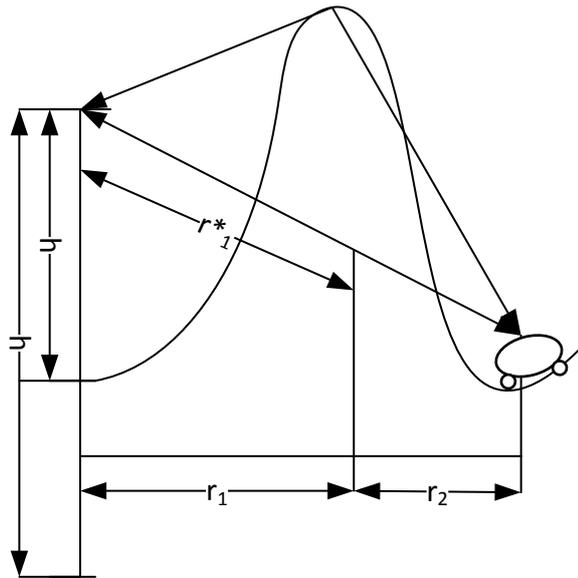


Рисунок 2.18 – К пояснению определения параметров препятствия

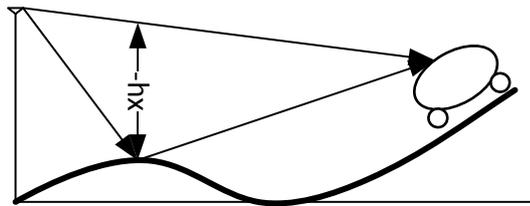


Рисунок 2.19 – Пример трассы без дифракционных потерь

$$L_{\text{диф}}(v) = 0 \text{ дБ}, v \geq 1; \quad (2.28,а)$$

$$L_{\text{диф}}(v) = 20 \lg(0,5 + 0,26v), 0 \leq v < 1; \quad (2.28,б)$$

$$L_{\text{диф}}(v) = 20 \lg[0,5 \exp(0,95v)], -1 \leq v < 0; \quad (2.28,в)$$

$$L_{\text{диф}}(v) = 20 \lg\left(0,4 - \sqrt{0,1184 - (0,1v + 0,38)^2}\right), -2,4 \leq v < -1; \quad (2.28,г)$$

$$L_{\text{диф}}(v) = 20 \lg\left(-\frac{0,225}{v}\right), v < -2,4; \quad (2.28,д)$$

На касательной трассе $h_x = 0$, $L_{\text{диф}}(v) = 6$ дБ.

Двойная дифракция. Это случай, когда на трассе имеется несколько холмов. Здесь может возникнуть двойная или даже более сложная дифракция. Для расчета значения потерь используются модели Буллингтона, Эпштейна и Питерсона и др. На рис. 2.20 показаны построения по модели Пиквинарда. Для чего строят треугольники АСВ и СДВ. Находят высоты холмов С и D: $h_{\text{эффС}}$ и $h_{\text{эффD}}$. Определяют дифракционные потери отдельно для каждого холма. $L_{\text{дифС}}$ и $L_{\text{дифD}}$. Общие потери $L_{\text{диф}}(v) = L_{\text{дифС}} + L_{\text{дифD}}$.

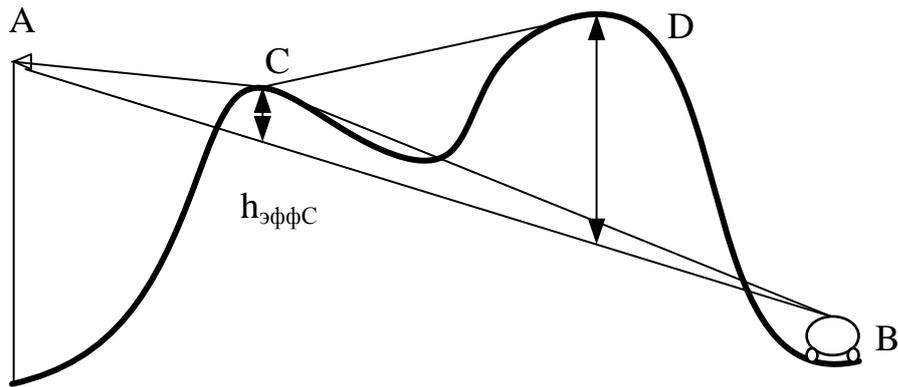


Рисунок 2.20 – К учету двойной дифракции по модели Пиквинарда

2.2.7 Универсальная модель Ли.

Для модели Ли «от точки к точке» в качестве основной принята формула (24), которая может быть распространена на следующие случаи:

1. Открытая трасса. Используют формулу (2.24).

2. Закрытая трасса. Дополнительно учитывают дифракционные потери.

Кроме того, эффективная высота антенны БС на закрытой трассе совпадает с фактической, так что в (2.24) полагают $20 \lg h_{1эфф}/h_1 = 0$.

Уровень медианной мощности сигнала на закрытой трассе:

$$p_m(r) = p_m(r_0, h_1) - \gamma \lg \left(\frac{r}{r_0} \right) + L_{диф}(v). \quad (2.29)$$

3. Пролет БС – АС над водной поверхностью.

Потери рассчитывают по формулам свободного пространства.

2.2.8 Расчет трассы от точки к точке на основе модели Хата.

В этом случае профиль трассы разделяют на участки в зависимости от рельефа местности и характера застройки. Для трасс с открытым рельефом расчет выполняется по (2.10) – (2.14), в которых вместо реальной высоты антенны БС используется эффективная высота для данного участка трассы. На открытых участках трассы в токе i уровень УММС:

$$p_m(r_i) = p_{п} + g_1 + g_2 - a_1 - a_2 - a_{мх}(f, r_i h_{1эфф}, h_{АС}), \quad (2.30)$$

где $h_{1эфф}$ – эффективная высота антенны БС для конкретного участка трассы. Порядок ее определения рассмотрен выше на примере модели Ли.

На закрытых участках трассы к суммарным потерям распространения в (2.10) добавляют дифракционные потери. Уровень медианной мощности сигнала на закрытых трассах:

$$p_m(r) = p_{\text{п}} + g_1 + g_2 - a_1 - a_2 - a_{\text{мх}}(f, r, h_{1\text{эфф}}, h_{\text{АС}}) - L_{\text{диф}}(v), \quad (2.31)$$

где $L_{\text{диф}}(v)$ – дифракционные потери, определяемые по (2.28) в зависимости от параметра (2.26).

2.2.9 Модели для коротких трасс.

В рассмотренных выше моделях исходной величиной для расчета является значение мощности сигнала, определенное на расстоянии 1 км от БС. Выбор такой опорной точки обусловлен тем, что на более коротких трассах, во-первых, АС может попасть в зону тени, во-вторых, следует учитывать дополнительные факторы.

По мере приближения АС к БС, увеличивается угол места для антенны АС, как показано на рис. 2.21,а, где β – угол места.

Антенны БС имеют либо круговую, либо секторную ДНА в горизонтальной плоскости. Однако, для того чтобы получить возможно больший коэффициент усиления антенны, формируется узкая ДНА в вертикальной плоскости.

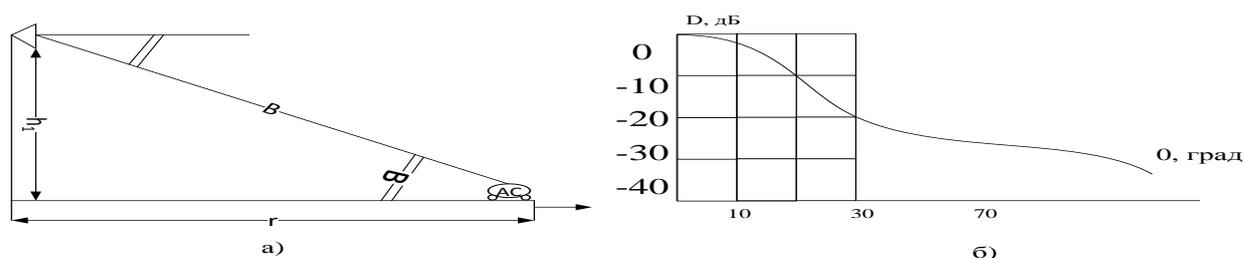


Рисунок 2.21 – К пояснению ослабления сигнала при малых углах места: а – угол места на коротких трассах, б – ДНА в вертикальной плоскости

Например, на рис. 2.21,б приведена ДНА в вертикальной плоскости для всенаправленной антенны – диполя с коэффициентом усиления 6 дБ. При больших углах места АС попадает в теневую зону ДНА и принимает сигнал вне главного лепестка ДНА. Из геометрии трассы определим $\beta = \arctg\{(h_1 - h_2)/r\}$ и по рис. 21,б найдем дополнительное ослабление сигнала за счет ДНА: $a_\beta = D(\theta)$ при $\beta = \theta$. Примерные результаты расчета при $r = 160$ м записаны в табл. 2.8. Видно, что значение дополнительного затухания велико, и с ним необходимо считаться.

Таблица 2.8

h_1 , м	β , град	a_β , дБ
30	9,6	5
60	21,45	15
90	29,2	20

Инфраструктура вокруг БС практически определяет уровень сигнала в точке приема в зоне радиусом до 1 км. Высокие здания могут создавать дополнительные отраженные сигналы большой мощности, поскольку мощность прямого сигнала около БС велика. Когда АС выезжает из этой зоны, влияние соседних с БС строений нивелировано.

Ориентация дорог рядом с БС (радиальная или круговая дорога, вдоль пути распространения сигнала или поперек) определяет разброс уровня медианной мощности принимаемого сигнала $\Delta = 10 \dots 20$ дБ.

Модель Уолфишг-Икегами признана самой лучшей для предсказания уровня сигнала в малых сотах. Эта модель основана на физическом представлении поля в точке приема в виде двух составляющих: когерентной и рассеянной (рис. 2.22,а). Когерентная составляющая определяется волной, дифрагирующей вокруг строений вдоль дороги со стороны БС. Рассеянный компонент создают волны, которые образуются в результате переизлучения строениями падающей на них волны от БС. Рассеянный компонент приходит с направлений, не совпадающих с направлением на БС и даже противоположных этому направлению. Медианное ослабление сигнала будет зависеть от геометрических соотношений на трассе, показанных на рис. 2.22,б, где обозначено h_1 , и h_2 – высоты установки антенн БС и АС, как это и было выше; h_0 – средняя высота застройки; $\Delta h_1 = h_2 - h_0$ – высота антенны БС над слоем городской застройки; $Z = Y^2 + X^2$ – длина трассы для дифрагирующей волны; $Y = h_0 - h_2$; $X \approx W/2$; W – ширина улицы; $\theta_D = \arctg(X/Y)$ – угол дифракции.

Медианное ослабление радиосигнала при распространении на коротких трассах:

$$a_{\text{МК}} = a_1 + a_2 + a_3. \quad (2.32)$$

где $a_1 = a_{\text{св}}$ – ослабление когерентной волны для точки дифракции; a_2 – дополнительное ослабление когерентной волны, зависящее от угла дифракции на трассе протяженностью Z ; a_3 – дополнительное ослабление уровня сигнала за счет рассеянного компонента.

Расчетные формулы для модели Уолфиша-Икегами получены при параметрах: расстояние между БС и АС от 0,02 м до 5 км в диапазоне частот 800...2000 МГц, высота антенн БС $h_1 = 4 \dots 50$ м, высота антенн АС $h_2 = 1 \dots 3$ м; высота близлежащих к БС зданий до 80 м. Имеем:

$$a_1 = 32,4 + 20 \lg r + 20 \lg f, \quad (2.33)$$

$$a_2 = -16,9 + 10 \lg f + 10 \lg Y - 10 \lg W + L_\varphi, \quad (2.34)$$

где L_φ – составляющая потеря, зависящая от ориентации улиц относительно направления прихода сигнала:

$$\begin{aligned} L_\varphi &= -10 + 0,0354\varphi \text{ при } 0^\circ \leq \varphi \leq 55^\circ; \\ L_\varphi &= 2,5 + 0,075(\varphi - 35^\circ) \text{ при } 35^\circ \leq \varphi \leq 55^\circ; \end{aligned} \quad (2.35)$$

$$L_{\varphi} = 4,0 + 0,114(\varphi - 55^{\circ}) \text{ при } 55^{\circ} \leq \varphi \leq 90^{\circ};$$

где φ – угол между направлением улицы и направлением прихода сигнала.

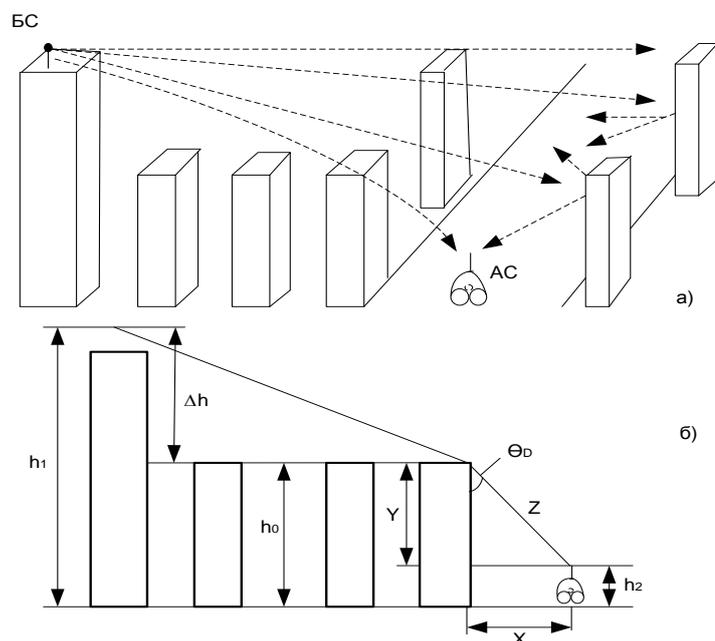


Рисунок 2.22 – К определению сигнала в сети: а – физическое представление; б – геометрическое соотношение

В табл. 2.9 приведены результаты расчетов по (2.35). Как видим, диапазон изменения значений потерь от ориентации улиц составляет 18 дБ.

Таблица 2.9

φ , град	0	10	28	35	45	55	90
L_{φ} , дБ	-10	-7	0	2,5	3,25	4	8

Дополнительное ослабление уровня сигнала за счет рассеянной компоненты:

$$a_3 = K_0(\Delta h_1) + K_1(\Delta h_1) + K_2(\Delta h_1) + K_3(f) \lg f - 9 \lg d, \quad (2.36)$$

где d – среднее расстояние между кварталами;

$$K_0(\Delta h_1) = 54 \text{ при } \Delta h_1 > 0;$$

$$K_0(\Delta h_1) = 54 - 0,8\Delta h_1 \text{ при } \Delta h_1 \leq 0 \text{ и } r \geq 0,5 \text{ км};$$

$$K_0(\Delta h_1) = 54 - 0,4r\Delta h_1 \text{ при } \Delta h_1 \leq 0 \text{ и } r < 0,5 \text{ км};$$

$$K_1(\Delta h_1) = 18 \lg(1 + \Delta h_1) \text{ при } \Delta h_1 > 0;$$

$$K_1(\Delta h_1) = 0 \text{ при } \Delta h_1 \leq 0;$$

$$K_2(\Delta h_1) = 18 \text{ при } \Delta h_1 > 0;$$

$$K_2(\Delta h_1) = 18 - 15\Delta h_1/h_0 \text{ при } \Delta h_1 \leq 0;$$

$$K_3(f) = -4 + 1,5 \left(\frac{f}{925} - 1 \right) \text{ для крупного города};$$

$K_3(f) = -4 + 0,7 \left(\frac{f}{925} - 1 \right)$ для города средних размеров и пригорода с умеренными лесопосадками.

В рабочих формулах (2.32) – (2.35) и в формулах их коэффициентов следует подставлять частоту в мегагерцах, протяженность трассы в километрах, остальные параметры модели ($\Delta h_1, h_0, d, W$) в метрах. Эти формулы позволяют определить медианные потери как для трасс, на которых антенна БС расположена над городской застройкой ($\Delta h_1 > 0$), так и для трасс, на которых антенна БС расположена на уровне крыш или ниже этого уровня ($\Delta h_1 \leq 0$).

При проектировании малых сот необходимы сведения о конкретных участках городских трасс. В ряде случаев можно воспользоваться статистическими данными для города. Так характеризуются районы современной городской застройки: плотность застройки 90 зданий на 1 км²; средняя длина здания 80...105 м; ширина 15 м; этажность от 5 до 14; просветы между зданиями 15...20 м; средняя дальность прямой видимости в слое городской застройки 170 м. Застройку можно считать однородной для районов, где нет больших площадей и парков.

2.2.10 Карты радиопокрытия.

В моделях «от точки к точке» используются конкретные профили пролетов. Эти модели обладают большей точностью предсказания, чем модели «от зоны к зоне». Они предпочтительны для сетей с зонами обслуживания 15 км и менее. Модель «от точки к точке» используется при создании компьютерных программ для генерации карт покрытия зоны сигналом, карт интерференции, карт для описания процесса эстафетной передачи и т.п.

При создании компьютерной модели характер местности и застройку учитывают в пределах первой зоны Френеля вдоль трассы. Для каждой БС создают растровую карту радиопокрытия, содержащую информацию об уровне сигнала в любой точке региона. Шаг карты Δ задается оператором. Обычно выбирается в городе $\Delta = 60$ м и в сельской местности $\Delta = 120$ м (2 – 3 угловые секунды по широте). Такая дискретизация обеспечивает достаточную точность. Она также позволяет сопоставлять результаты расчетов и измерений.

Точность привязки для измерений 30...100 м. На основе карт радиопокрытия отдельных БС строят общую карту радиопокрытия полной зоны обслуживания и определяют для каждой БС зону приоритетного обслуживания.

Расчетная карта радиопокрытия позволяет получить лишь приближенные характеристики системы. Реальные значения коэффициентов распространения сигнала в отдельных районах могут существенно отличаться от коэффициентов, принятых для моделей. Поэтому наряду с расчетными составляют измерительные карты радиопокрытия. Для этого обычно на перевозимой АС проводят измерения мощности радиосигнала в каждом из частотных каналов и качества голосовой связи. С помощью GPS-приемника все измерения привязывают к географическим координатам. Мощность радиосигнала измеряют

сканирующим приемником. Для каждого частотного канала результат усреднения нескольких последовательных отсчетов (15-20) записывается в память компьютера. При измерении качества голосовой связи регистрируются номер обслуживаемой БС и текущий коэффициент ошибок в цифровом канале, а также все события (вызов, хэндовер и др.). Затем результаты измерений сортируют по их принадлежности к БС и выполняют усреднение данных, полученных при большом числе объездов района.

По этим результатам САПР формирует для каждой ЕС измерительные карты покрытия, которые используются для анализа и калибровки моделей предсказания. Каждый отсчет измерительной карты – это среднее значение мощности принимаемого сигнала в данной точке.

Калибровка модели предсказания заключается в подборе значений поправочных коэффициентов, обеспечивающих минимальное среднеквадратическое отклонение между предсказанным и измеренными значениями уровня мощности сигнала. Поправочные коэффициенты $k_z \approx 10$ дБ для Москвы по сравнению с рассчитанными по модели Хата.

2.3 Описание лабораторной установки

- Персональный компьютер
- Методические указания к лабораторной работе

2.4 Содержание отчета

- Цель
- Оборудование рабочего места
- Результаты расчетов
- Вывода

2.5 Контрольные вопросы

1. Виды помех в каналах мобильной связи
2. Особенности распространений дециметровых волн в сетях мобильной связи
3. Поясните явления дифракции, интерференции, рефракции?
4. Какие особенности распространения электромагнитных волн в городских условиях?
5. Что такое многолучевое распространение электромагнитных волн?
6. На чем основывается модель Окамуры и Хата?
7. В чем различие между моделями Окамуры и Хата?
8. Какие элементы влияния на распространение электромагнитной волны учитывается в модели Хата?
9. Что такое Доплеровское смещение частоты?
10. Что является причиной медленных и быстрых замираний в сетях мобильной связи?

3. ИССЛЕДОВАНИЕ И ЧАСТОТНО-ТЕРРИТОРИАЛЬНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ СОТОВОЙ СЕТИ СВЯЗИ

3.1 Цель работы

Исследование и приобретение навыков частотно-территориального планирования сотовой сети связи.

3.2 Содержание работы

1. Изучить основы частотно-территориального планирования и модели построения сетей мобильной связи.

2. Произвести частотно-территориальное планирование сети на основе исходных данных.

3. осуществить выбор типа кластера сети, и произвести обоснование на основе расчетов.

4. составить обобщенную схему сети GSM и выбрать оборудование.

3.3 Приборы и оборудования

1. Персональный компьютер;

2. Принтер.

3.4 Краткие сведения из теории

В однородной модели сети все БС имеют одинаковые значения эквивалентной изотропной излучаемой мощности (ЭИИМ), антенны с круговой ДНА и одинаковыми высотами. Энергетические параметры всех АС также одинаковы. Поляризация радиоволн и условия распространения на всей обслуживаемой территории приняты одинаковыми. Сеть, построенная на базе регулярной сотовой структуры (рис. 3.1), представляет собой геометрически правильную сетку, в которой БС расположены на параллельных прямых АВ, CD, ..., в вершинах одинаковых равносторонних треугольников, называемых узлами (точки а, с, b). У каждой БС своя территория обслуживания – круг радиусом r_0 . Границы территорий трех соседних БС пересекаются в одной точке t . В равностороннем треугольнике acb все углы равны ($\alpha = 60^\circ$).

На рисунке 3.1. $at = r_0$; $ac = cb = ab = r_0 \sin \alpha = r_0 \sqrt{3}$, $cz = ct + tz = r_0 + r_0 * \sin \alpha = 1,5r_0$.

Запишем основные параметры модели сети:

- расстояние между узлами (соседними БС)

$$d_0 = r_0 \sqrt{3}; \quad (3.1a)$$

- расстояние между параллельными прямыми

$$h = 1,5r_0; \quad (3.1б)$$

- смещение узлов, расположенных на соседних параллельных линиях, относительно друг друга
- смещение узлов, расположенных на соседних параллельных линиях, относительно друг друга

$$\Delta d = \frac{d_0}{2} = \frac{(r_0 \sqrt{3})}{2} \quad (3.1в)$$

- расстояние от БС до границы соты
-

$$r_1 = \Delta d. \quad (3.1г)$$

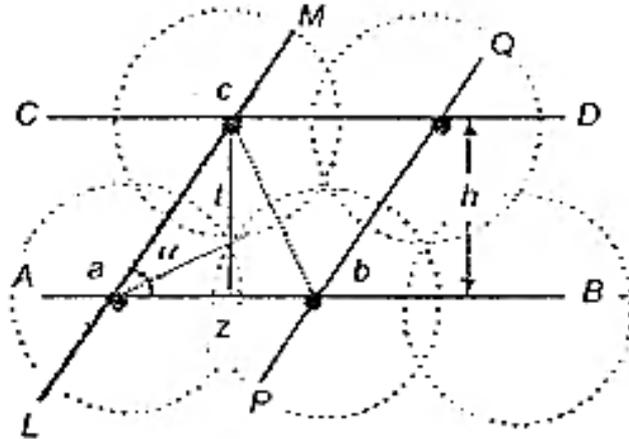


Рисунок 3.1– Фрагмент однородной модели

Площади трех соседних окружностей перекрываются. Соседние БС работают на разных частотах, минимальная размерность кластера $N_{кл}= 3$. Такая структура имеет минимальную площадь перекрытия, равную 21 % площади треугольника acb .

Соединив точки пересечения окружностей, получают шестиугольник, получивший название соты. Такие соты обеспечивают сплошное покрытие территории без перекрытия зон. Если в сотовой сети использовать семь частот, то все БС в пограничных сотах будут работать на разных частотах. Для выбора частот в соседних кластерах в сети применяют определенные правила, благодаря которым получают минимальные интерференционные помехи на совпадающих частотах. Эти правила поясним на примере кластера размерностью 7. Узлы сети на рисунке 3.2,а обозначены точками, а цифры означают номер соты в кластере. Соединив три ближайших узла (БС) с одинаковыми частотами, получим треугольник совмещенного канала, два смежных треугольника образуют ромб совмещенного канала (РСК), внутри которого нет базовых станций с одинаковыми частотами. Модель однородной сети состоит из примыкающих друг к другу РСК с одинаковым распределением частот внутри РСК.

В модели удобно воспользоваться косоугольной системой координат (X, Y) , угол между осями которой составляет 60° , совместив начало координат с одним из узлов сети. В этой системе расстояние от начала координат до любого узла сети

$$d_{БС} = X^2 + XY + Y^2 \quad (3.1д)$$

Каждая сторона РСК в однородной модели принадлежит двум смежным ромбам, поэтому на ней может находиться только два узла сети. Сторона

ромба не может совпадать с осями X, Y. Следовательно, (3.1д) определяет также и расстояние между соседними узлами сети.

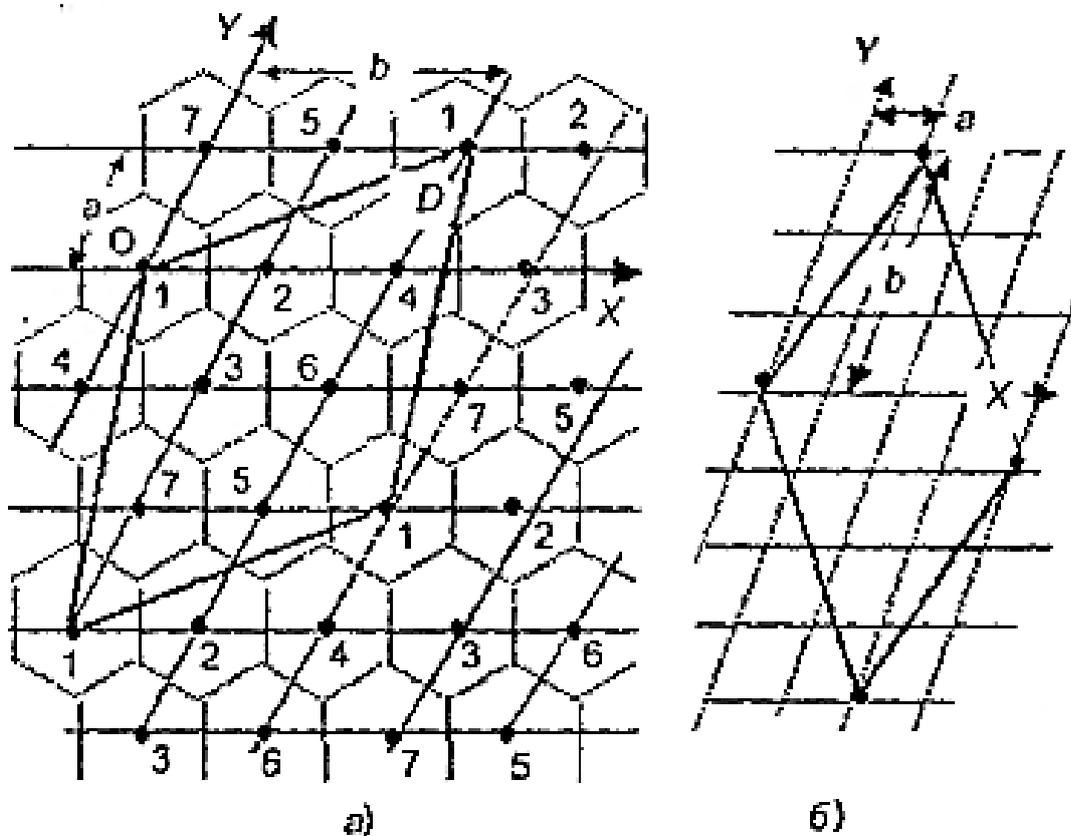


Рисунок 3.2 – Модель однородной сети:
 $a-a = 2$ и $b= 2, b-a = 1$ и $b= 3$

В качестве единицы масштаба в этой системе координат можно принять нормированное расстояние между узлами $D_0= 1$. В результате все расстояния в модели будут определяться целыми числами. Обратившись к (3.1а), видим, что $D_0= 1$ при

$$d_0 = r_0\sqrt{3} = 1 \quad (3.2)$$

где d_0 представляет собой коэффициент пересчета масштаба.

Как известно, число узлов в РСК равно ромбическому числу, которое в модели сети получило название размерности кластера,

$$N_{\text{кл}} = a^2 + ab + b^2 \quad (3.3)$$

где a и b - целые положительные числа, которые не имеют общего делителя.

Выраженное целым числом расстояние (3.1д) между узлами

$$D_{\text{БС}} = \sqrt{a^2 + ab + b^2} = \sqrt{N_{\text{кл}}} \quad (3.4)$$

Параметры РСК на рисунке. 2,а: $a = 1$, $b = 2$, $N_{\text{кл}}=7$; на рисунке.3.2,б показана сторона РСК с параметрами: $a = 1$, $b = 3$, $N_{\text{кл}}= 13$.

Умножив (3.4) на коэффициент пересчета масштаба (3.2), получим расстояние между БС с одинаковыми частотами в соседних кластерах

$$d_{\text{кл}} = D_{\text{БС}} d_0 = r_0 \sqrt{3N_{\text{кл}}} \text{ или } d_{\text{кл}} = qr_0, \quad (3.5б)$$

– коэффициент электромагнитной совместимости (ЭМС) сети.

Поясним использование параметров модели при построении сети на примере кластера с параметрами: $a = 3$, $b = 2$, $N_{\text{кл}}= 19$. (рисунок.3.3).

Сначала нанесем сетку сот и выберем центральную соту с номером 1. Затем строим кластер вокруг этой соты, присваивая номера по часовой стрелке. Первый пояс получает номера 2,3,...,7, второй - номера 8,9,...,19. Мы построили центральный кластер, его граница выделена жирной линией. Затем определяем местоположение центральной соты 1 для соседних кластеров. Проводим вертикальную линию через узлы 1,2,8. Она соответствует оси Y модели. На ней откладываем нормированное расстояние a и получаем точку S. Из этой точки под углом 60° проводим ось X, на которой откладываем нормированное расстояние b . Получаем местоположение БС соты 1 для соседнего кластера. Вокруг неё строим второй кластер точно так же, как первый.

Такие построения повторяем для каждой границы центральной соты 1. Всего получим шесть соседних БС. Таким образом, мы обсудили размещение на территории сети базовых станций с одинаковыми частотными группами (1,2, 3,...,19). Затем надо поставить в соответствии с этими номерами групп номера частотных каналов из плана частот стандарта. По условиям ЭМС не рекомендуется в одной частотной группе использовать соседние частоты плана.

Интерференционные помехи на совпадающих частотах. По модели сети рассчитывают расстояния до мешающих станций. Эти расстояния необходимы для определения медианного отношения сигнал-интерференция. Воспользуемся упрощенным рисунком 4, где местоположение БС - точка O, АС расположена в точке А, $M_1 - M_6$ – мешающие станции.

Определяем уровни сигнала и помех на АС. Наиболее неблагоприятный случай соответствует минимальному уровню принимаемого сигнала, т.е. положению АС на границе соты в точке А.

Расстояния от центра соты до мешающих станций находим по (3.5а). Радиус внутренней окружности - это радиус соты r_0 . Расстояние от M_1 , до точки А

$$R_1 = d_{\text{кл}} - r_0 = (q - 1)r_0 \quad (3.6а)$$

Для остальных мешающих станций имеем:

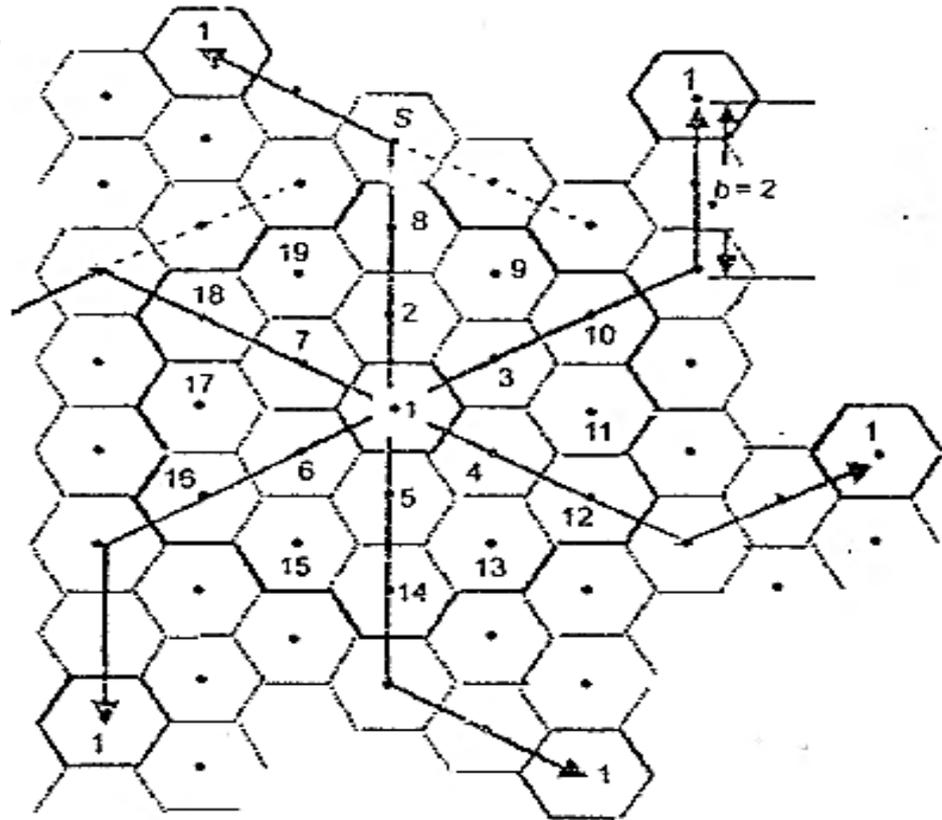


Рисунок 3.3 – Построение сети с кластером размерностью 19

$$R_2 = (\sqrt{q^2 - q + 1})r_0; \quad (3.6б)$$

$$R_3 = (\sqrt{q^2 + q + 1})r_0; \quad (3.6в)$$

$$R_4 = (q + 1)r_0; \quad (3.6г)$$

$$R_5 = R_3 \quad (3.6д)$$

$$R_6 = R_2 \quad (3.6е)$$

Соотношения (3.6б), (3.6в) и (3.6а)–(3.6е) позволяют рассчитать медианное отношение сигнал-интерференция в однородной сети.

Структуры реальных сетей могут значительно отличаться от структуры однородной сети. Кроме того, и условия распространения на трассах метающих сигналов различны.

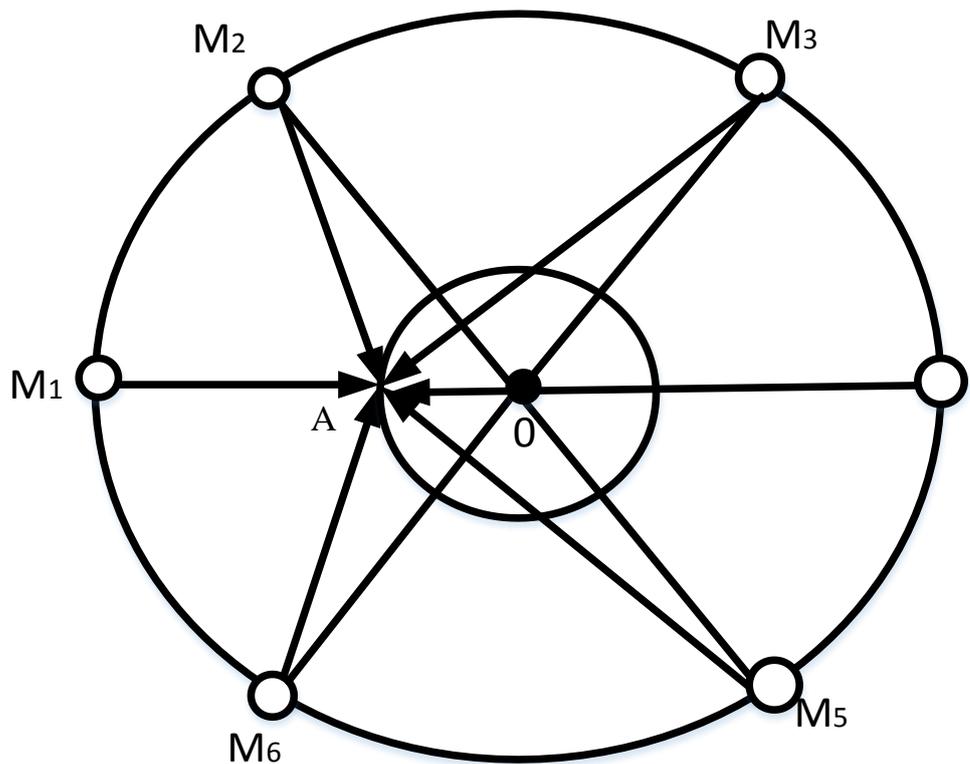


Рисунок 3.4 – Местоположение мешающих станций

Для них рассчитывают реальное отношение сигнал- интерференция на основе (3.6в). Рекомендуется вести расчёт отдельно для каждой трассы и затем суммировать мощности интерференционных помех. В таких случаях в (3.6б) записывают реальное отношение сигнал-интерференция для каждого J мешающего сигнала

$$q_{Jc-и} = -10 \lg \beta_J^* = 10 \lg (R_J^* / r_0)^n + k_J \quad (3.7)$$

где * означает, что используются реальные значения; k_J - поправка на условия распространения сигналов на реальной трассе.

Повышение отношения сигнал-интерференция с помощью антенн БС. В однородных сотовых структурах на БС устанавливают всенаправленные антенны. Такая антенна представляет собой вертикальный вибратор (штырь) длиной около 2,2 м с нижним креплением. Диаграмма направленности такой антенны в горизонтальной плоскости - равномерная. Коэффициент усиления антенны получают путем формирования ДНА в вертикальной плоскости.

В таблице. 3.1 приведены, примерные значения параметров антенны.

Таблица 3.1

	6	7	9
Коэффициент усиления антенны, дБ			
Ширина ДНА в вертикальной плоскости, град	14	12	6,5

Для уменьшения интерференции используются направленные секторные антенны. В этом случае вертикальный вибратор антенны имеет уголкового рефлектора в виде металлической сетки либо плоскостной рефлектор. Ширина главного лепестка диаграммы направленности антенны в горизонтальной плоскости составляет $\alpha = 120^\circ$ в трехсекторной структуре и $\alpha = 60^\circ$ в шестисекторной структуре.

Выбор секторной сотовой структуры является эффективным способом повышения отношения сигнал-интерференция.

На рисунке 3.5 заштрихованы секторы, в которых используются одинаковые частотные каналы при секторных антеннах, причем для БС с номером 1 выбраны трехсекторные антенны, а для БС с номером 4 – шестисекторные. Отметим, что рисунок 5 – только иллюстрация, но не руководство к построению кластера. Расчет отношения сигнал-интерференция выполняют для АС в точке В, поскольку эта АС находится в самом неблагоприятном положении. Фрагменты ЧТП при $N_{кл} = 7$ с использованием секторных антенн с шириной ДНА $\alpha = 120^\circ$ и $\alpha = 60^\circ$ показаны на рисунке 3.6,а и 3.6,б. Секторы сот, в которых использованы одинаковые частоты, выделены утолщенными линиями.

При $\alpha = 120^\circ$ число мешающих сигналов сократилось до двух, а расстояния между мешающими БС и АС определяются по формулам:

$$R_1 = (q + 0,7)r_0 \tag{3.8a}$$

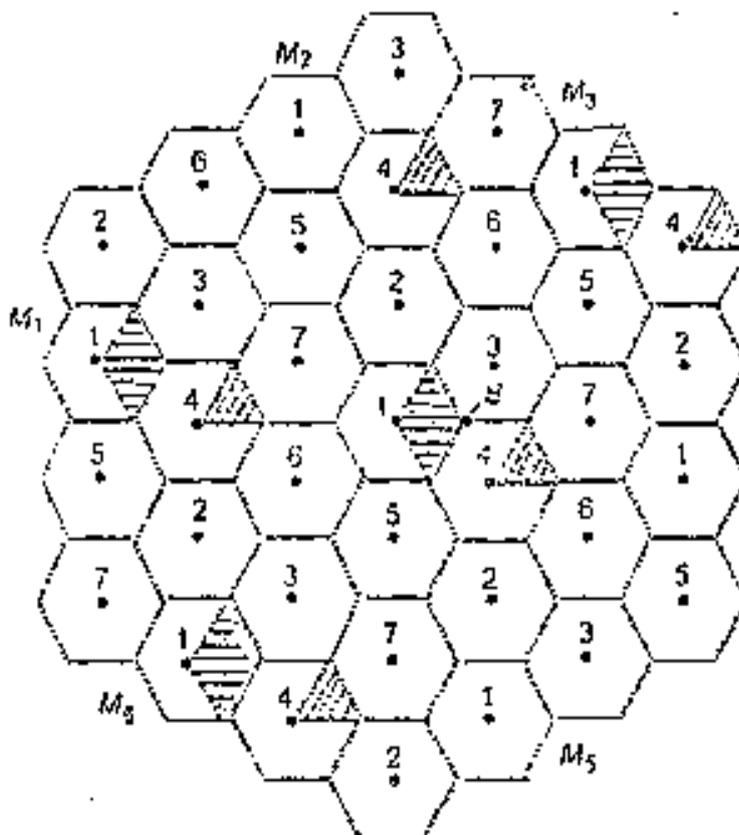


Рисунок 3.5– К пояснению учёта мешающих сигналов при секторной структуре

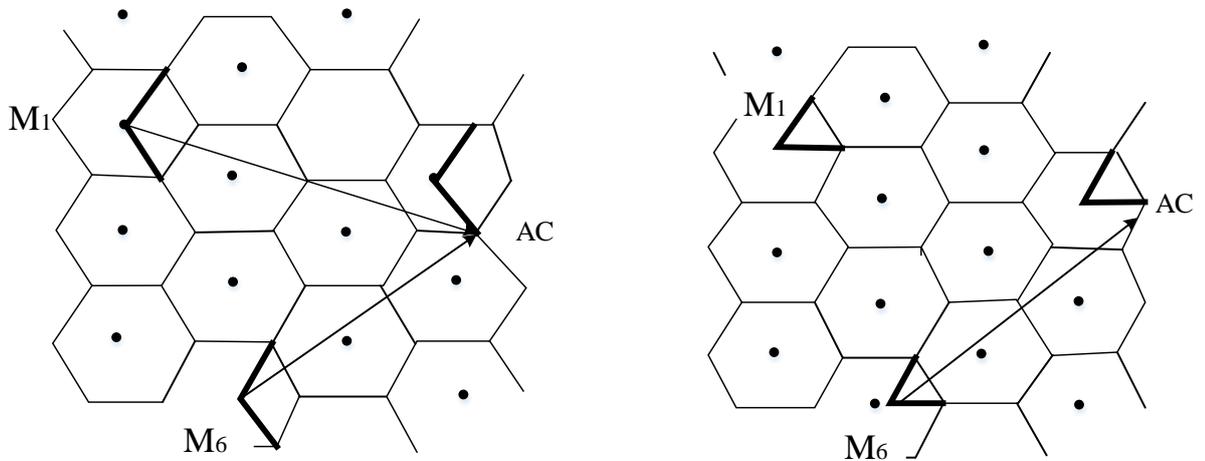


Рисунок 3.6 – Фрагменты кластера ($N_{\text{кл}} = 7$) с секторной структурой 120° (а) и 60° (б)

$$R_6 = q \cdot r_0 \quad (3.8б)$$

При $\alpha = 60^\circ$ остается один мешающий сигнал. При этом расстояние между АС на краю соты и мешающей БС

$$R_6 = R_1 \quad (3.9)$$

Используя (3.8а), (3.8,б) и (3.9), можно по (3.6,б), (3.6,в) и (3.6,г) найти усредненное медианное отношение сигнал-интерференция. Замирания сигналов не учтены. Результаты расчетов этих величин представлены в таблицы 3.2, где M – число секторов в соте; N_f - наименьшее требуемое число частотных каналов в кластере.

Ещё одним эффективным способом увеличения отношения сигнал-интерференция является применение антенн со специально сформированной диаграммой направленности. В реальных условиях в каждой соте необходимый уровень излучаемого сигнала зависит от направления излучения. В некоторых направлениях требуется сильный сигнал, в других - сигнал не нужен.

Таблица 3.2

$N_{\text{кл}}$	Коэффициент ЭМС q	$M=1$		$M=3$			
		$Q_{\text{с-и,бД}}$	N_f	$Q_{\text{с-и,бД}}$	N_f	$Q_{\text{с-и,бД}}$	N_f
4	3,46	–	–	20	12	26	24
7	4,6	14,27	7	24,5	21	29	42

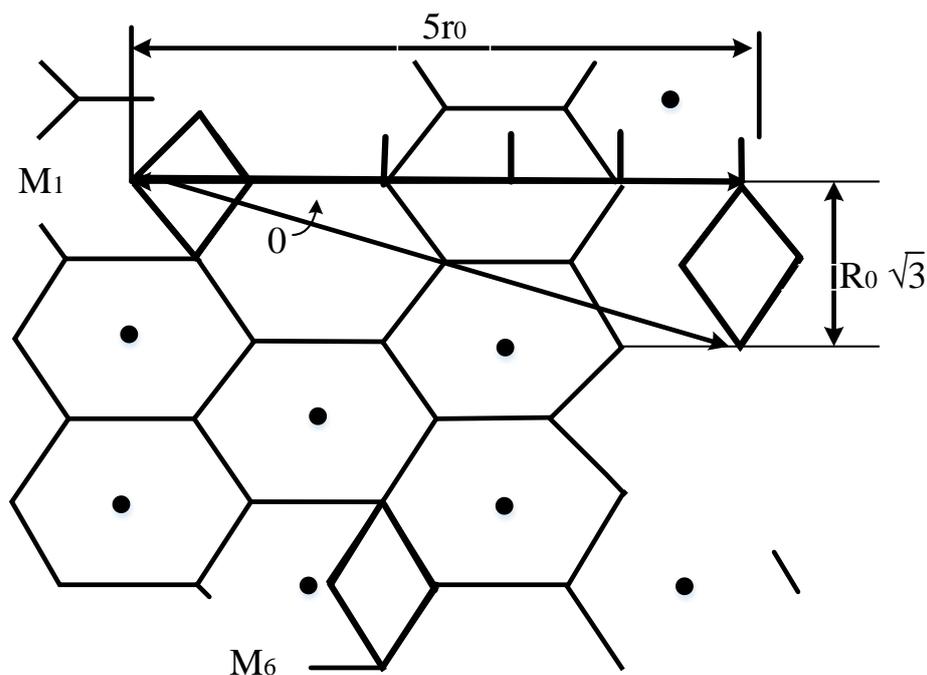


Рисунок 3.7 – К вычислению угла θ

Часто возникает задача сохранить энергию сигнала внутри небольшой территории, например, вдоль дороги. В этом случае применяют такой способ, как поворот ДНА в вертикальной плоскости, для этого обычно антенну наклоняют.

По рисунку 3.7, который повторяет рисунок 3.6,а, можно рассчитать угол, под которым (на совпадающих частотах) антенна станции M_1 освещает сектор центральной соты кластера:

$$\theta = \arctg \frac{r_0 \sqrt{3}}{5r_0} = \arctg 0,346$$

Если M_1 создает недопустимо большую помеху в центральной соте, можно попытаться уменьшить уровень сигнала от M_1 в пределах угла θ . Этого можно достичь, наклонив по часовой стрелке антенну (вертикальный вибратор) к плоскости горизонта. Главный лепесток диаграммы направленности наклоненной антенны в горизонтальной плоскости (рисунок 3.8) приобретает выемку, что снижает уровень сигнала в главном направлении и повышает отношение сигнал-интерференция в центральной соте. Угол наклона обозначен θ . Наклон (по часовой стрелке) $\theta \approx 10^\circ$ соответствует тому, что выемка направлена на БС центральной соты. Наклон позволяет увеличить отношение сигнал-интерференция на несколько децибелов. При этом уровень полезного сигнала в соте со станцией M_1 на небольшой площади будет снижен.

Рассмотрен такой пример. Когда $\theta = 10^\circ$, то уровень помехи, создаваемой данной БС в главном направлении в горизонтальной, плоскости, уменьшается за счёт выемки в ДНА на величину $\Delta_M = 4$ дБ. Уровень полезного сигнала, проходящего на АС, зависит от угла места антенны этой АС. Последний определяется расстоянием до

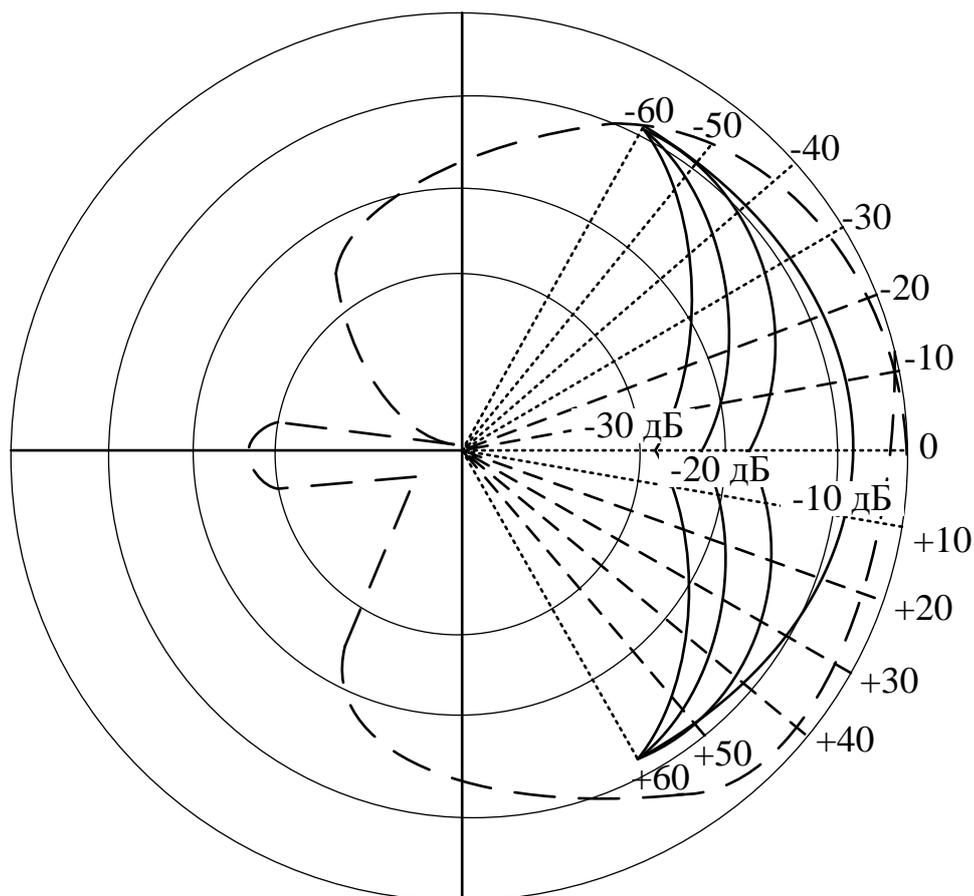


Рисунок 3.8 – диаграмма направленности наклоненной антенны в горизонтальной плоскости

АС, высотой антенны БС и рельефом. Если АС находится на главном направлении и угол места равен 1° , то уровень принятого на АС полезного сигнала из-за выемки в ДНА уменьшается на величину $\Delta_c = 3,5$ дБ. В этом случае при наклоне антенны на главном направлении получают незначительный выигрыш $V = \Delta_m - \Delta_c = 0,5$ дБ.

Когда на трассе нет проблемы интерференции, то можно повернуть антенну «вверх» (против часовой стрелки) и увеличить зону покрытия.

Зонтичная антенна позволяет ограничить зону покрытия и уменьшить излучение в другие соты. Конструкция антенны показана на рисунке 3.9,а. Желаемая ДНА в вертикальной плоскости достигается за счет установки над вертикальным вибратором 1 диска-отражателя 2. Размер диска определяет угол наклона ДНА. Это широкополосная антенна. Для расширения полосы частот антенны используется конический элемент 3. Для увеличения коэффициента усиления антенны устанавливается несколько дисков с конусами (рисунок 3.9,б). ДНА в вертикальной плоскости «наклоняется» и её «наружная» часть приобретает форму зонтика (рисунок 3.9,в) Такая ДНА позволяет снизить мощность интерференционной помехи в соседнем кластере при оптимальном выборе высоты установки антенны и получить выигрыш в величине отношения сигнал-интерференция.

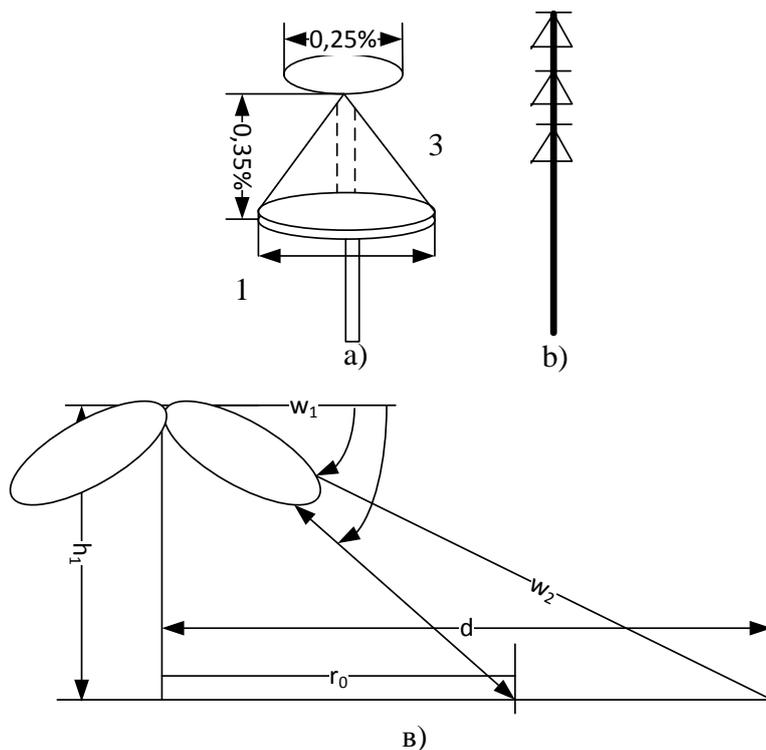


Рисунок 3.9 – к пояснению использованию зонтичной антенны:
 а – конструкция антенны с одним диском; б – конструкция антенны с несколькими дисками; в– диаграммы направленности зонтичной антенны в вертикальной плоскости.

В таблице 3.3 для кластера размерностью 7 ($q = 4.6$) и сот радиусом $r_0 = 3,2$ км приведены значения углов: ψ_2 — в направлении максимума ДНА на границу соты и ψ_1 — в направлении на БС соседнего кластера (при одинаковых частотах). При этом разность в усилении антенны для этих точек составляет 3 дБ. Коэффициент усиления антенны 11 дБ.

Таблица 3.3

$h_1, \text{м}$	$\Psi_2, \text{град}$	$\psi_1, \text{град}$
30	0,54	0,12
90	1,63	0,35
150	2,71	0,59

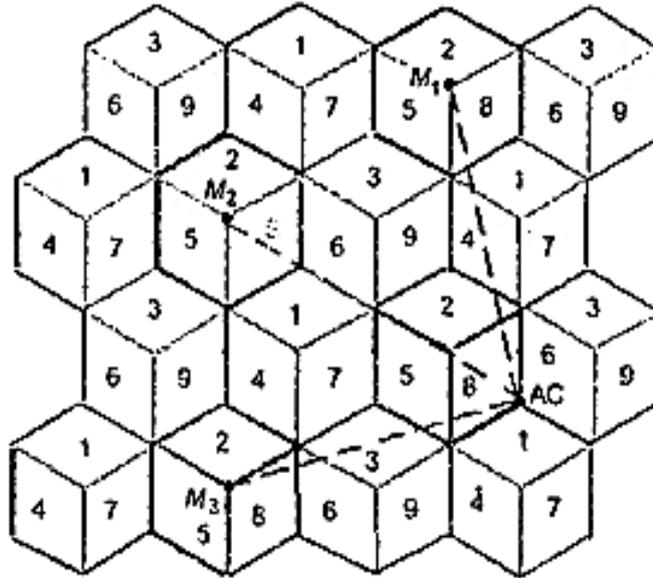


Рисунок 3.10 – Эффективная модель 1 кластера для секторной структуры при $\alpha = 120^\circ$

Эффективные модели кластеров. Выбор таких моделей позволяет уменьшить число частотных групп на территории при уменьшении числа мешающих сигналов. Применение эффективных моделей кластеров является одним из способов увеличения отношения сигнал-интерференция.

Эффективная модель 1 кластера в секторной структуре при $\alpha = 120^\circ$ представлена на рисунке 3.10. Кластер включает девять групп частотных каналов. На АС приходят три мешающих сигнала. Для сравнения: в классической трёхсекторной структуре (рисунок 3.6,б) при $N_{кл} = 7$ используется 21 частотная группа и на АС приходят два мешающих сигнала.

Эффективная модель 2 применяется в шестисекторных сотах. Кластер включает 12 групп частотных каналов. Каждая частота дважды повторяется в пределах модели, состоящей из четырех типов БС. На АС приходят три мешающих сигнала. Для сравнения: в классической структуре (рисунок 3.6,б) при $N_{кл} = 7$ на АС приходят два мешающих сигнала, однако используются 42 частотные группы.

3.5 Частотно-территориальное планирование сети

Задание:

Выполнить территориально-частотное планирование подсистемы базовых станций сети GSM-900 на заданной территории. Для каждой зоны задан радиус R , количество абонентов N в ЧНН, нагрузка от одного абонента Y в ЧНН. При расчете необходимо учитывать следующие ограничения:

- радиус соты в городской застройке 0.4 – 6 км,
- эффективность использования частотного канала должна составлять 70-100%.

Необходимо рассчитать количество сот в системе, количество частотных каналов в соте, выполнить присвоение частот в кластере.

Также необходимо рассчитать количество оборудования BSS.

Исходные данные, определяет преподаватель, в соответствии с таблицей

3.4.

Таблица 3.4

Для центральной зоны			Для периферийной зоны		
R ₁ , км	N ₁ , чел	Y ₁ , Эрл	R ₂ , км	N ₂ , чел	Y ₂ , Эрл
0,5-4	500-4000	0,01-0,03	4-10	100-1000	0,01-0,02

Порядок расчета:

1.1 Расчет площади зоны S₁:

$$S_1 = \pi \cdot R_1^2, \quad \text{км}^2$$

площадь периферийной зоны S₂:

$$S_2 = \pi \cdot (R_2 - R_1)^2, \quad \text{км}^2$$

1.2 Определение суммарной нагрузки в каждой зоне:

$$Y_{\Sigma 1} = Y_1 \cdot N_1, \quad \text{Эрл.}$$

$$Y_{\Sigma 2} = Y_2 \cdot N_2, \quad \text{Эрл.}$$

1.3 Определение площади соты R₁ и R₂ для каждой зоны:

$$S_{\text{соты}1} = \frac{3}{2} \cdot \sqrt{3} \cdot R_{\text{соты}1}^2, \quad \text{км}^2.$$

$$S_{\text{соты}2} = \frac{3}{2} \cdot \sqrt{3} \cdot R_{\text{соты}2}^2, \quad \text{км}^2.$$

1.4 Определение количества сот в каждой зоне, учитывая перекрытие сот в пределах 20 – 30%

$$N_{\text{сот}1} = \frac{S_1}{S_{\text{соты}1}} \cdot 1,2, \quad \text{сот}$$

$$N_{\text{сот}2} = \frac{S_2}{S_{\text{соты}2}} \cdot 1,2, \quad \text{сот}$$

1.4 Определение суммарной нагрузки в соте Y_{соты 1} и Y_{соты 2}:

$$Y_{\text{соты } 1} = Y_{\Sigma 1} / N_{\text{сот1}}, \quad \text{Эрл}$$

$$Y_{\text{соты } 2} = Y_{\Sigma 2} / N_{\text{сот2}}, \quad \text{Эрл.}$$

1.5 Определение нагрузки в секторе $Y_{\text{сект } 1}$ и $Y_{\text{сект } 2}$:

$$Y_{\text{сект } 1} = Y_{\text{соты } 1} / 3, \quad \text{Эрл.}$$

$$Y_{\text{сект } 2} = Y_{\text{соты } 2} / 3, \quad \text{Эрл.}$$

1.7 Определение количества информационных каналов в секторе при условии превышения рассчитанной нагрузки на 20%:

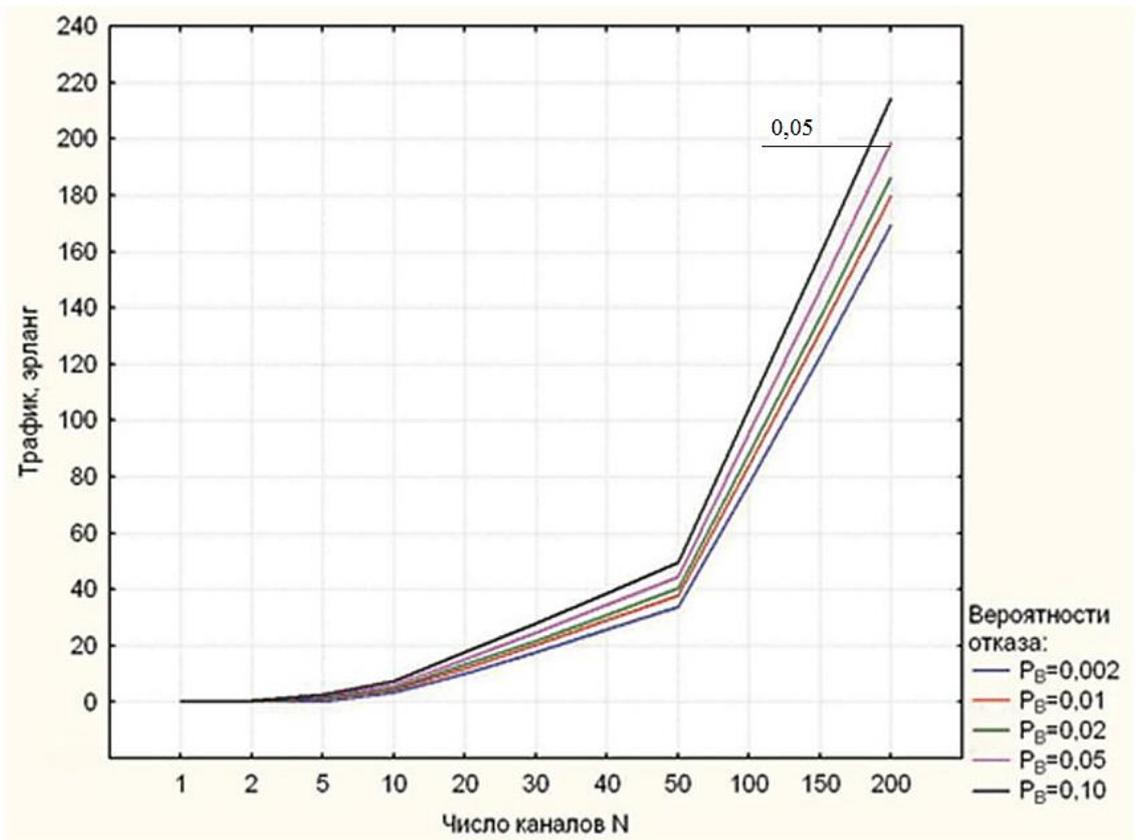
$$Y_{\text{сект } 1} * 1,2, \quad \text{Эрл}$$

$$Y_{\text{сект } 2} * 1,2, \quad \text{Эрл}$$

По графику Эрлангов с учетом 5% блокировки вызова находим необходимое количество каналов трафика ТСН в секторе для каждой зоны:

$N_{\text{инф.кан.сект1}}$, каналов,

$N_{\text{инф.кан.сект2}}$, каналов.



1.8 Определение общего количества каналов:

Зная количество каналов трафика ТСН, по таблице 2 находится необходимое количество каналов управления ССН.

Таблица 3.5. – Соотношение между ТСН и ССН.

ССН	ТСН
1	≤15
2	≤22
3	≤29

Далее, определяется общее количество каналов в секторе:

$$N_{\text{общ.сект1}} = \text{ТСН} + \text{ССН}, \text{ каналов,}$$

$$N_{\text{общ.сект2}} = \text{ТСН} + \text{ССН}, \text{ каналов.}$$

1.9 Находится количество частотных каналов в секторе:

$$N_{\text{ЧК сект 1}} = N_{\text{общ.сект.1}} / 8, \text{ канал}$$

$$N_{\text{ЧК сект 2}} = N_{\text{общ.сект.2}} / 8, \text{ канал}$$

Если эффективность использования частотных каналов низкая, то необходимо найти такой радиус соты, при котором эффективность использования частотных каналов была в пределах 70-100%.

1.10 Определение общего количества частотных каналов в системе:
(если в кластере 3 соты)

$$N_{\sum \text{чк1}} = N_{\text{чк сект 1}} \cdot 3 \cdot 3, \quad \text{канал}$$

$$N_{\sum \text{чк2}} = N_{\text{чк сект 2}} \cdot 3 \cdot 3, \quad \text{канал}$$

Если максимальное значение из двух чисел больше 27 – максимального количества частотных каналов, значит необходимо уменьшить радиус соты.

Далее необходимо назначить номера частотных каналов, т.е. присвоить номиналы частот, частотным каналам в каждом секторе. Назначение нужно выполнять таким образом, чтобы номера частотных каналов соседних кластеров отличались на 2 и более.

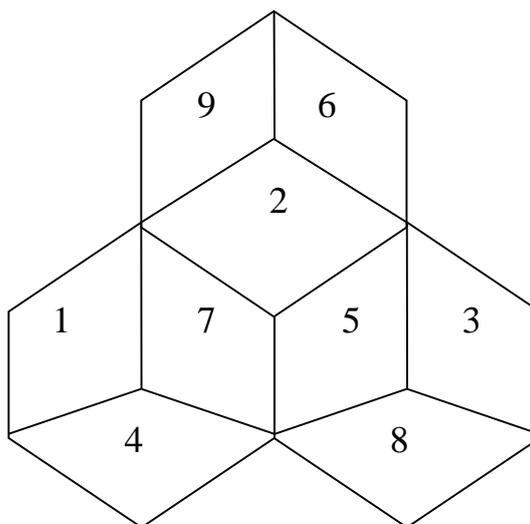


Рисунок 3.11– Назначение частотных каналов.

3.6. Расчет оборудования

На рис. 3.12 показана обобщенная схема построения сети GSM. Всю сеть можно логически разделить на несколько частей: подсистему базовых станций (BSS), подсистему коммутации (NSS), подсистему ТЭ и ТО (OMC). Кроме того, в отдельную подсистему можно выделить сеть пакетной передачи GPRS.

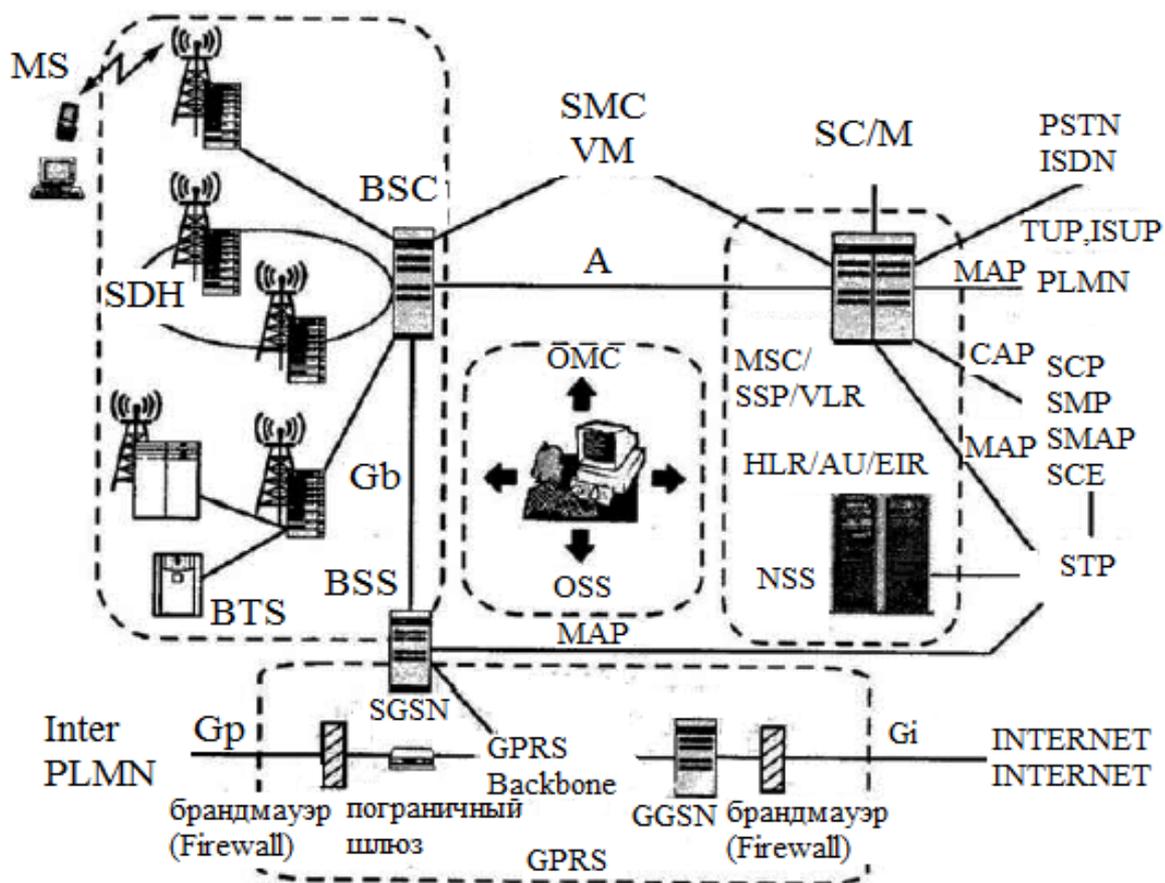


Рисунок 3.12 – Обобщенная схема построения сети GSM.

Более подробно рассмотрим подсистему базовых станций. Подсистема базовых станций (BSS) состоит из:

- базовых приемопередающих станций (BTS) различных типов и конфигураций
- контроллера базовых станций (BSC).

Функционально к BSS также относится модуль транскодера TC (часто устанавливается на стороне MSC), который находится между BSC и MSC и осуществляет функции кодирования/декодирования информации, а также мультиплексирования/демультиплексирования по схеме 4:1.

Интерфейс Abis между БС и контроллером является внутренним (каждый производитель оборудования GSM реализует его по-своему), поэтому при установке базовых станций необходимо также использовать контроллер той же компании производителя. Стыковка оборудования NSS и BSS различных поставщиков возможна по открытому A-интерфейсу (между MSC и BSC).

Базовая приемопередающая станция (BTS) выполняет преобразование сигналов радиосвязи в сигналы проводной сети, беспроводное демультиплексирование и мультиплексирование, кодирование радиоканала и функцию перескока по частоте и хэндовера. Компания Huawei предлагает несколько типов базовых станций M900/M1800, которые рассчитаны на различное количество

модулей приемопередатчиков (*Transceiver Unit, TRU или TRX*) и имеют разное конструктивное исполнение. Все типы базовых станций позволяют комбинировать модули приемопередатчиков 900 и 1800 МГц. На настоящий момент для продаж в России сертифицированы базовые станции внутреннего типа исполнения BTS312 (12 TRU) и BTS30 (6 TRU).

Базовая станция M900/M1800 состоит из трех частей (рис. 3): основного блока, блока приемопередатчиков (TRU) и антенно-фидерной системы.

Основной блок состоит из:

- блока синхронизации/передачи и управления (TMU),
- блока распределения синхронизации (TDU),
- дополнительного блока передачи (TEU),
- блока питания дополнительного блока передачи (TES),
- блока мониторинга работы вентилятора (FMU),
- блока электропитания (PSU),
- блока мониторинга электропитания и состояния окружающей среды (PMU),
- блока распределения электропитания (SWITCH BOX),
- блока вентилятора (FAN BOX),
- воздухозаборника (AIR BOX).

Блок приемопередатчиков, как следует из названия, включает в себя несколько модулей TRU. В рамках одной BTS возможно смешивание TRU, работающих в диапазоне 900 и 1800 МГц.

Однако следует учесть, что в таком случае для каждого модуля TRU необходимо предусмотреть отдельный модуль комбайнеров (CDU).

Антенно-фидерная система состоит из:

- антенны,
- блока комбайнера (Combiner and Divider Unit, CDU),
- блока мачтового усилителя (Tower Amplification unit, TA),
- системы кабелей с низким потреблением мощности (low consumption transmission cables). Его основные функции - передача и прием радиосигнала, а также выдача аварийной сигнализации.

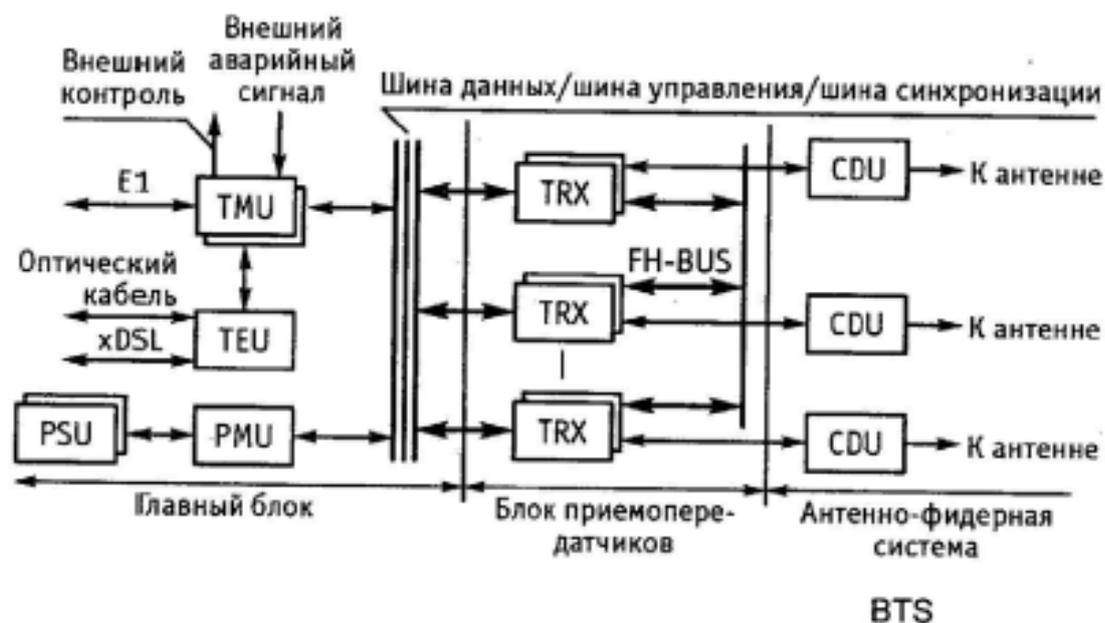


Рисунок 3.13 – Структурная схема оборудования BTS

Контроллер базовых станций BTS выполняет управление радиоресурсами (RR), управление базовыми станциями BTS, управление мощностью и ведением статистики трафика радиоканалов. Оборудование контроллера базовых станций системы M900/M1800 создано на базе цифровой коммутационной системы C&C08 и также, как и коммутационная система, имеет модульную структуру.

Аппаратная часть M900/M1800 BSC состоит из административно-коммуникационного модуля (AM/CM), базового модуля (BM) и центральной базы данных (CDB).

Если емкость M900/M1800 BSC не превышает 128TRU, требуется только один модуль BM, а потребности в модуле AM/CM в этом случае нет. Если емкость BSC превышает 128TRU, необходим модуль AM/CM, а число BM зависит от самой емкости (максимально можно сконфигурировать 8 BM) (Кол-во TRU / 128).

На первом этапе расчета оборудования необходимо выбрать тип BTS. Выбор основывается на количестве частотных каналов, используемых в соте. Для нашего примера выбираем BTS30 6TRX, которая рассчитана на 6 частотных каналов, т.к. в сотах обеих зон используется по три частотных канала.

Количество модулей TRX в BTS равно кол-ву частотных каналов в соте, т.е. равно 9.

Количество модулей CDU равно количеству секторов в соте, т.е. также равно 3.

Количество потоков E1 определяется из соотношения 1TRX – 2 канальных интервала, поэтому нам достаточно 1 потока E1 и, соответственно, одного модуля TMU.

Для расчета оборудования BSC необходимо найти общее количество модулей TRX:

$$\sum TRX = N_{COT1} * 3 * N_{ЧКСЕКТ1} + N_{COT2} * 3 * N_{ЧКСЕКТ2}$$

$$\sum BM = \sum TRX / 128$$

Таблица 3.6. Состав оборудования BTS.

	Центральная зона	Периферийная зона
Тип BTS	BTS312	BTS30
Количество BTS		
Количество модулей TRX в BTS		
Количество модулей TRX		
Количество модулей CDU в BTS		
Количество модулей CDU		
Количество модулей TMU в BTS		
Количество модулей TMU		

Таблица 3.7. Состав оборудования M900/M1800 BSC.

Центральная база данных (CDB)	
Модуль AM/CM	
Модуль BM	

4. ИССЛЕДОВАНИЕ И ИЗУЧЕНИЕ ПРИНЦИПА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТРАНКИНГОВОЙ СИСТЕМЫ SMARTRUNK-II

4.1 Цель работы

Изучение и приобретение навыков формирования и аппаратного обеспечения транкинговых сетей на основе технологии «SmarTrunk-II».

4.2 Содержание работы

1. Ознакомиться с основными особенностями транкинговых сетей связи.
2. Изучить алгоритм функционирования сети «SmarTrunk-II»
3. Ознакомиться с аппаратурой «SmarTrunk-II» и изучить его основные характеристики

4.3 Оборудование

1. Базовая станция GR-350
2. Носимая радиостанция GP-60
3. Контроллер ST-853
4. Персональный компьютер

4.4 Краткие сведения из теории.

Транкинг (от англ. Trunk – пучок) – это автоматическое распределение ограниченного количества («пучка») заранее не закрепленных каналов связи среди большего количества абонентов.

Основное преимущество транкинга заключается в существенной экономии канального ресурса, необходимого для обслуживания заданного количества абонентов, по сравнению с системами связи с закрепленными каналами – конвенциональными (обыкновенными) системами. Концепция транкинга основана на предположении, что один абонент занимает канал лишь в течение относительно малой доли общего времени, причем в течение этого промежутка времени большинство других абонентов не пользуются системой.

В настоящее время транкинг применяется практически во всех современных системах подвижной радиосвязи. Однако собственно транкинговыми принято называть только системы производственно-технологического назначения с незакрепленными каналами, в которых транкинг стал использоваться впервые.

4.5 Основные особенности построения, характеристики и услуги транкинговых систем радиосвязи

4.5.1 Виды передаваемой информации

Речевая связь. В аналоговых транкинговых системах передача речевых сообщений осуществляется в основном с использованием ЧМ и многостанционного доступа с частотным разделением каналов (FDMA). Частотный разнос между каналами обычно составляет 25 или 12,5 кГц. В цифровых системах

обычно используется та же сетка частот, что и аналоговых системах. Преобразование речи в цифровую форму, как правило, основано на алгоритмах линейного предсказания. Скорость передачи цифровых речевых сигналов для различных систем составляет от 2,4 до 9,6 кбит/с. В цифровых транкинговых системах используются методы доступа FDMA и FDMA/TDMA и спектрально эффективные методы цифровой модуляции (GMSK и др.).

Передача данных. Практически во всех современных транкинговых системах обеспечивается передача данных в виде коротких сообщений о состоянии ресурсов системы, статусе абонента, коротких телеграмм и др. В аналоговых системах короткие сообщения, как правило, передаются по каналу управления. Передача более длинных сообщений осуществляется традиционным способом с использованием модема по рабочему каналу.

4.5.2. Количество базовых станций

В зависимости от количества базовых станций на обслуживаемой территории можно выделить две основные конфигурации транкинговых систем: однозоновую и многозоновую. В однозоновой сети все ретрансляторы расположены на одной базовой станции. В многозоновой сети имеется несколько базовых станций, распределенных по обслуживаемой территории. Связь между базовыми станциями осуществляется по выделенным каналам (проводным, радиорелейным или волоконно-оптическим).

Для транкинговых систем характерен большой пространственный охват зон обслуживания базовых станций (7...15 км и более), который объясняется относительно невысокой территориальной плотностью абонентского трафика и необходимостью минимизации стоимости системы. В сотовых сетях, где инвестиции и инфраструктуру быстро окупается, а трафик постоянно растет, базовые станции размещаются все более плотно, и радиус зон покрытия (сот) уменьшения (в городе – максимум 3...5 км). При развертывании транкинговых систем все обстоит несколько иначе: объем финансирования, как правило, ограничен, и для достижения высокой эффективности капиталовложений нужно обслужить с помощью одного комплекта оборудования базовой станции возможно большую территорию. Соответственно мощность абонентского передатчика, а, следовательно, и требования к емкости аккумулятора, в транкинговых системах значительно выше, чем в сотовых. Это, в свою очередь, сказывается на массо-габаритных параметрах транкинговых станций. Однако широкий набор абонентского оборудования позволяет транкинговым системам охватить практически весь спектр потребностей корпоративного потребителя в подвижной связи. Возможность обслуживания разнородных по функциональному назначению устройств в единой системе – это еще один путь к минимизации расходов.

Отметим так же, что транкинговые системы позволяют на базе своих каналов организовать независимые выделенные сети связи (или, как принято го-

ворить в последнее время, частные виртуальные сети). Это означает, что несколько организаций могут совместными усилиями развернуть единую систему ресурса, а также снижение стоимости инфраструктуры.

4.5.3 Хэндовер

В многозоновых транкинговых системах при переходе из одного сайта в другой обеспечивается возможность переключения подвижного абонента на свободный канал, доступный в данный момент в новой зоне связи. Смена канала в ряде простейших транкинговых систем сопровождается потерей связи и необходимостью повторения вызова. Но в современных системах (типа TETRA) переход в зону действия другой базовой станции происходит без потери соединения (как и в сотовых системах); эта возможность называется эстафетной передачей или хэндовером (handover).

Способ распределения каналов между абонентами.

Одна из основных отличительных особенностей транкинговых систем – способ автоматического распределения каналов между подвижными абонентами. Можно выделить два класса систем: с назначением каналов на абонентской радиостанции (децентрализованное управление) и с назначением каналов на базовой станции (централизованное управление).

Системы с децентрализованным управлением (сканирующие системы). Часто подобные системы ошибочно именуют псевдотранкинговыми. В них ретрансляторы базовой станции обычно не связаны друг с другом и работают независимо. Интеграция системы в единое целое осуществляется на уровне радиостанций. Это позволяет достичь высокой надежности и живучести таких систем. В таких системах не требуется сложной процедуры резервирования ретрансляторов и управления оборудованием базовой станции, поэтому такие системы относительно недороги и могут быть достаточно быстро развернуты. Обычно системы с децентрализованным управлением используются в качестве небольшой (1-8 каналов, до 200 абонентов) однозоновой системы связи. Примером такой системы является SmarTrunk II.

Системы с централизованным управлением. К этому классу относятся транкинговые системы, которые содержат группу ретрансляторов, связанных между собой единой системой управления. Назначение каналов производится на базовой станции. Для обеспечения нормального функционирования таких систем организуются каналы двух типов: рабочие (traffic channel) и управления (control channel).

По рабочему каналу передаются аналоговые или цифровые сообщения абонентов в зависимости от типа системы (аналоговая, цифровая). По каналу управления передаются служебные сообщения, необходимые для управления рабочими каналами. Во всех транкинговых системах каналы управления являются цифровыми.

Наибольшее распространение получили два типа каналов управления:

— выделенный канал управления (закрепленный канал управления): для передачи служебной информации используется отдельный канал связи; по выделенному каналу управления могут передаваться как служебная информация, так и короткие сообщения и телеграммы;

— распределенный канал управления (незакрепленный канал управления): здесь на одних и тех же каналах происходит как передача служебной информации (кодов вызова, кодов радиостанций, телефонных номеров и т.д.), так и передача абонентской информации; для организации канала управления в аналоговых системах обычно используется субтональный диапазон частот 0...300 Гц.

4.5.4 Основные режимы работы и типы вызовов систем транкинговой радиосвязи



1. Режим индивидуальной (персональной) связи. В этом режиме осуществляется связь между двумя подвижными абонентами через ретранслятор.



2. Групповой (диспетчерский) режим связи. Групповой режим предназначен для обеспечения одновременной связи между всеми членами группы.

Разговор между вызывающим абонентом и лицом, к которому он обращается, будет слышен всеми членами его группы. Групповой вызов в рамках одной группы является одним из основных типов вызова в транкинговых системах. Его обеспечивают практически все известные транкинговые системы. В большинстве систем предусмотрена возможность вызова большого числа абонентов одновременно. К числу таких вызовов относятся общий вызов (all call), экстренный вызов (от диспетчера). В системах, специально ориентированных на обслуживание групповых переговоров, используется иерархическое вложение групп, и предусматриваются соответствующие типы вызовов: многоуровневый, мультигрупповой и т.д.



3. Режим связи с АТС и УАТС. В этом режиме подвижный абонент может связаться с любым абонентом учре-

жденческой или городской телефонной сети. Некоторые системы обеспечивают возможность не только для абонента транкинговой системы соединения с произвольно выбранной группой мы, но и для абонента ТФОП.



4. Режим непосредственной связи между радиостанциями. Мобильные и портативные станции могут связаться

непосредственно между собой в обход ретранслятора. Это оказывается очень удобно, когда подвижные абоненты находятся в радиусе действия своих радиостанций, но вне зоны обслуживания ретранслятора.

4.5.5. Приоритеты доступа

В транкинговых системах организуются два типа очередей — очередь на занятие рабочих каналов и очередь к вызываемому абоненту. Для определения очередности доступа к занятой транкинговой системе или занятому каналу вызываемого абонента вводятся приоритеты. Приоритеты позволяют определить, кто из абонентов имеет право на первоочередный доступ или право на прерывание разговора других абонентов. При приоритетном обслуживании все запросы на предоставление канала ставятся в очередь. Каждый запрос располагается в ней в зависимости от приоритета индивидуального абонента, группы и типа вызова. Несколько вызовов с одинаковым приоритетом обычно обслуживаются в порядке их поступления.

4.6. Система транкинговой радиосвязи SmarTrunk II

Система аналоговой транкинговой радиосвязи SmarTrunk II используется для организации оперативной радиотелефонной связи с возможностью использования полудуплексных и полнодуплексных радиостанций. Поддерживает от одного до шестнадцати радиочастотных каналов. Абонентам может быть предоставлен выход в телефонную сеть, каждый канал может быть под-

ключен к одной или двум телефонным линиям городской, местной или ведомственной телефонной сети. Система SmarTrunk II относится к классу однозональных систем. Псевдомногозоновые системы могут строиться на основе использования телефонной сети в качестве среды межсайтовой связи.

Впервые система SmarTrunk была представлена американской компанией Selectone (в настоящее время - SmarTrunk Systems, Inc.) в 1992 году. В системе SmarTrunk использовался транкинговый протокол с распределенным каналом управления и передачей сигналов взаимодействия в голосовом канале с помощью DTMF сигнализации.

В 1994 году была разработана усовершенствованная система SmarTrunk II, в которой был применен цифровой протокол обмена сигналами взаимодействия с модуляцией BPSK, что позволило обеспечить большую защищенность системы от несанкционированного доступа, увеличить радиус охвата системы, уменьшить время доступа к каналу связи и дополнить расширенными функциональными возможностями. С этого момента системы SmarTrunk II стали де-факто стандартом для небольших транкинговых радиотелефонных систем по всему миру.

Главными достоинствами систем SmarTrunk II являются широкий ассортимент оборудования, простота переделки конвенциональных радиостанций в транкинговые, неприхотливость в выборе рабочих частот. Поддержка протокола осуществляется большинством ведущих мировых производителей радиооборудования (Motorola, Yaesu/Vertex, Standard, Icom, Kenwood, Maxon, Tait, Alinco и др.). Причем в одной системе может использоваться оборудование различных производителей. Для работы в системе SmarTrunk II внутри радиостанции вставляется специальный управляющий транкинговый модуль, который обеспечивает взаимодействие абонентских радиостанций с базовым оборудованием и поддерживает необходимый коммутационный протокол.

К достоинству транкинговых систем SmarTrunk II следует также отнести относительно невысокую стоимость базового и абонентского оборудования, что делает их лучшей альтернативой при построении небольших транкинговых систем. Однако за счет применения метода сканирования абонентскими радиостанциями всех каналов для поиска свободного, время доступа к системе довольно велико и растет при увеличении числа каналов.

4.6.1 Принцип работы системы SmarTrunk II

Каждая радиостанция, работающая в системе, имеет собственный абонентский номер (от 1 до 4 знаков), используемый для идентификации абонента в системе и вызова радиостанции внутри системы и из телефонной сети. Для вызова одной радиостанции с другой абонентской радиостанции достаточно знать присвоенный ей номер. Для вызова абонента системы из телефонной сети необходимо знать телефонный номер системы и присвоенный номер радиостанции внутри системы.

Прием вызова. В системах SmarTrunk II реализация транкингового доступа возложена на абонентские радиостанции. Абонентские радиостанции

непрерывно сканируют запрограммированные каналы в ожидании вызова. При появлении вызывного сигнала на одном из каналов радиостанция останавливает сканирование и обрабатывает цифровую посылку базовой станции. Если вызов адресован данной радиостанции, то он обрабатывается (звучит вызывной сигнал), если нет, то станция снова переходит в режим сканирования.

Посылка запроса. При организации вызова абонентская радиостанция посылает запрос базовой станции на одном из каналов. Если базовая станция не отвечает, то радиостанция переходит на следующий канал (из числа запрограммированных в радиостанции) и опять делает посылку запроса и т.д. до перебора всех каналов. Если ни один из каналов не доступен, то звучит сигнал «занято», и радиостанция опять переходит в режим приема (сканирования). Ответ базовой станции может появиться только на свободном канале. В ответной посылке содержится результат проверки легальности абонента и возможности осуществления запроса данного типа (по описанию в базе данных контроллера). Если абонентская радиостанция получила ответ от базы и он положителен (т.е. абоненту разрешен доступ в систему), то данный канал занимает.

После этого контроллер формирует запрос вызываемому абоненту (группе, телефонному абоненту). Если параметры вызываемого абонента также соответствуют описанию в базе данных, то в эфир передается цифровая посылка с идентификационным номером требуемого абонента (группы). Если вызываемая радиостанция отвечает, то организуется сеанс связи.

Основные характеристики системы SmarTrunk II:

- Однозоновая система без возможности расширения до многозонового варианта;
- Емкость системы до 4096 абонентов;
- Количество каналов от 1 до 16;
- Независимость от частотного диапазона;
- Индивидуальные и групповые вызовы;
- До 10 уровней приоритета;
- Возможность связи с телефонной сетью;
- Запрет ввода определенных первых цифр для каждого абонента (например, выход на междугородную сеть);
- Ограничение длительности сеанса связи от 30 с до 60 мин;
 - Дистанционное (по телефонной линии) или непосредственное (RS-232) программирование системы;
 - Ведение протокола вызовов (до 4500 записей);
 - Дистанционное (по телефонной линии) или непосредственное (RS-232) считывание протокола вызовов;
 - Скорость обмена при программировании и считывании данных 9600 бод;
 - Время соединения: $0,8 + 0,2 * N$ (сек), где N - количество каналов в системе.

Виды вызовов (звонков), поддерживаемые системой SmarTrunk II:

- радиоабонент - телефон;
- телефон - радиоабонент;
- между радиоабонентами;
- групповой вызов;
- экстренный вызов;
- приоритетный вызов;
- диспетчерский вызов.

Абонент системы SmarTrunk II может выйти в телефонную сеть, так же как и абонент телефонной сети может вызвать абонента системы SmarTrunk II, для чего ему необходимо набрать телефонный номер системы и после установления соединения донабрать номер абонента (от 1 до 4 знаков) внутри системы.

Для полнодуплексных радиостанций существует возможность подключения факса или модема для передачи данных. Система SmarTrunk II обладает достаточно развитым уровнем сервиса по объединению абонентов системы в группы, организации экстренных вызовов, установки уровней приоритета, ведения учета времени переговоров и т.п.

4.6.2. Базовое оборудование

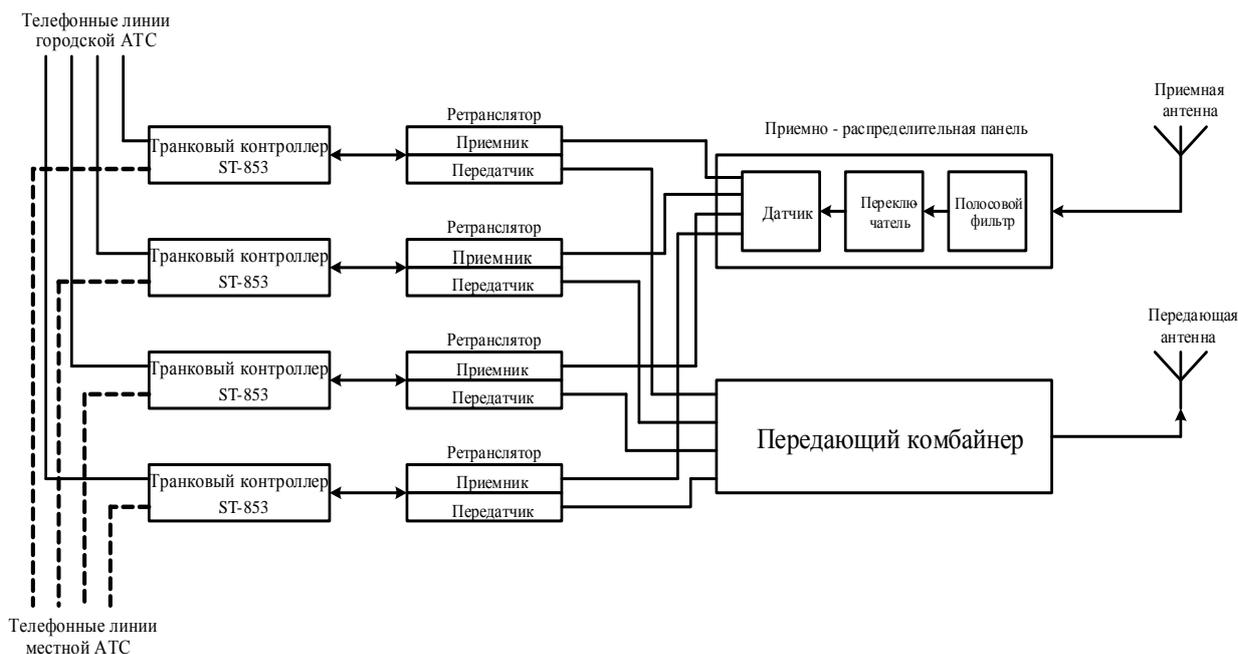
Основным элементом системы SmarTrunk II является многоканальная базовая станция, состоящая из ретрансляторов (количество которых равно количеству каналов в системе), транкинговых контроллеров, комбайнерной системы и системы электропитания.

Каждый ретранслятор управляется контроллером SmarTrunk ST-853. Связь между контроллерами по шине данных позволяет осуществлять удаленное администрирование всей системы по одному модему.

Рассмотрим структуру одноканальной транкинговой системы SmarTrunk II. В состав оборудования данной системы входят:

- Дуплексный фильтр;
- Ретранслятор;
- Контроллер транкингового канала SmarTrunk ST-853;
- Источник питания постоянного тока 13,8В;
- Антенна.





Все оборудование (передатчики, контроллеры, комбайнер, источники питания) устанавливается в открытой стойке или аппаратном шкафу шириной 19".

Как правило, для производственно - технологической системы радиотелефонной связи одного транкингового канала недостаточно. На рисунке приведена схема системы, содержащей 4 независимых канала. Простота расширения системы является одним из достоинств SmartTrunk II: имея один или два канала, можно в любой момент увеличить их число до максимального при сохранении уже имеющегося базового и абонентского оборудования.

Ретранслятор. Ретранслятор предназначен для приема сигналов абонентских радиостанций на частоте F_{in} , их усиления и передачи на частоте F_{out} . В системах SmartTrunk II могут использоваться любые конвенциональные ретрансляторы. В многоканальных системах часто используются ретрансляторы MX800 и MTR2000.



Ретранслятор MX800. Высота 89 мм. Мощность 50 Вт. Питание +12 В.



Ретранслятор MTR2000. Мощность 40 или 100 Вт. Питание -220 В.

Ретранслятор связан шиной управления и низкочастотным звуковым кана-

лом с транкинговым контроллером. Ретранслятор должен иметь хорошие технические характеристики и надежную систему охлаждения, что немаловажно для использования в транкинговых системах с высоким речевым графиком.

Контроллер. Контроллер транкингового канала SmarTrunk ST-853 выполняет декодирование цифровых посылок абонентских радиостанций и проверяет идентификационные номера абонентов и групп. В памяти контроллера хранится информация обо всех абонентах системы: максимально допустимая длительность разговора, возможность вести междугородные переговоры, принадлежность к группе и т.д. В соответствии с этими значениями и устанавливается сеанс связи. ST-853 может быть подключен к двум телефонным линиям, одна из которых обладает более высоким приоритетом. В сеансе связи «мобильный абонент - телефон» используется только одна линия связи, однако при необходимости провести срочный вызов звонок на линию с более высоким приоритетом приводит к прерыванию разговора.

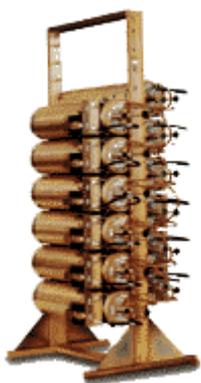
В контроллере ST-853 предусмотрена возможность подключения внешнего модема, позволяющего ускорить процесс обмена информацией между компьютером оператора системы и базовой станцией. Немаловажно наличие в ST-853 цифровой шины данных: ранее для снятия информации и загрузки данных в контроллере ST-852 приходилось по очереди устанавливать связь с каждым контроллером канала (а их может быть до 16), при использовании цифровой шины данные одновременно передаются во все контроллеры ST-853.

Индикаторы на передней панели контроллера позволяют следить за его состоянием в процессе работы и настройки. Описание назначения индикаторов приведено в таблице 4.1.

Таблица 4.1

Индикатор	Цвет	Индикация
POWER	Зеленый	Подано питание
TLECO	Зеленый	Отображается одно из трех состояний: <ul style="list-style-type: none"> • звонок по линиям 1 или 2 • паузы при наборе номера • звуковой сигнал или шум на линиях 1 или 2
TRANSMIT	Красный	Включено реле передачи
SQUELCH	Зеленый	На приемном канале открыт шумоподаватель
CONNECT	Красный	Включено реле подключения к линии 1 или 2
LINE 2	Красный	Используется линия 2

На задней панели контроллера располагаются потенциометры настройки (уровней сигналов, шумоподавления, детектора импульсного набора и т.д.), контрольные точки, разъемы для подключения телефонных линий, компьютера и других контроллеров.



Комбайнерная система. Антенно-фидерное устройство транкингового канала в самом простом случае может состоять из двух базовых антенн - приемной и передающей, разнесенных на достаточное расстояние для уменьшения влияния мощности, излучаемой передатчиком, на приемник. Но лучшим решением является использование дуплексного фильтра - устройства, позволяющего использовать одну антенну для приема и передачи, со значительно большей изоляцией приемника и передатчика.

В 4-х канальной системе более сложный антенно-фидерный тракт, который можно разделить на две части: передающую и приемную. В передающей части используется одна базовая антенна и комбайнер, позволяющий передавать сигналы от всех ретрансляторов системы одновременно. Использование комбайнера практически устраняет взаимное влияние передающих каналов. Антенна и приемная распределительная панель в приемной части антенно-фидерного тракта решают задачи приема радиосигналов определенных диапазонов частот, их усиления и распределения по всем ретрансляторам. Таким образом устраняются мощные помехи от расположенных поблизости радиопередающих устройств.

В состав комбайнерной системы обычно входят приемный усилитель-распределитель и дуплексный фильтр. В многоканальных системах (начиная с 3-х каналов) комбайнерная система имеет очень важное значение - с помощью циркуляторов и фильтров она значительно уменьшает интермодуляционные помехи, возникающие в эфире при работе нескольких передатчиков.

Существуют два типа комбайнерных систем: резонаторные и гибридные (с использованием обычных сумматоров). Независимо от типа они вносят определенные потери в передаваемый сигнал. Однако это может быть скомпенсировано повышением мощности передатчиков и применением антенны с большим усилением.

Резонаторные системы имеют меньшее затухание сигнала, которое зависит от межканального разнеса, составляющего обычно 100-300 кГц. С их помощью можно строить транкинговые системы с числом каналов до нескольких десятков. Гибридные системы позволяют использовать любой разнос между каналами. Однако при этом потери в сумматоре значительно больше, а максимальное число каналов не превышает 8.

Система электропитания. Источник питания постоянного тока требуется для питания ретранслятора и контроллера транкингового канала, причем питание контроллера подводится через клеммы ретранслятора, что позволяет нажатием одной кнопки включать оба устройства. Для питания одного канала системы с ретранслятором 50 Вт необходимо 15 А постоянного тока 13,8 В.

Для этой цели более всего подходит блок питания, монтируемый в 19-дюймовую стойку (как и все остальное оборудование). Как правило, базовое оборудование транкинговой системы запитывается от источника питания с возможностью перехода на резервную аккумуляторную батарею при отключении сети 220 В.

4.6.3 Абонентское оборудование

Существует большое количество моделей стационарного, возимого и носимого абонентского оборудования, работающего в системе транкинговой связи SmarTrunk II. В первую очередь, это обусловлено простотой модернизации обычной конвенциональной радиостанции до абонентской станции SmarTrunk II. Данная процедура осуществляется путем встраивания в абонентскую конвенциональную радиостанцию транкингового модуля и его последующего программирования.

Основные функциональные возможности современных абонентских радиостанций:

- Полный частотный диапазон (136-174/403-470 МГц) и программируемая сетка частот (12.5/20/25 кГц) - обеспечивают гибкость при развертывании системы.
- Сигналинг - радиостанции поддерживают PL (CTCSS) тоны. Благодаря этому несколько групп абонентов могут работать на одном частотном канале, не мешая друг другу.
- Сжатие речи X-Pand™ и Low Level Expand - обеспечивают четкое, ясное и громкое звучание практически в любом шумном окружении. LLE позволяет еще больше улучшить качество звучания за счет снижения шума во время пауз.
- Голосовая активизация передачи (VOX) - благодаря использованию головных гарнитур освобождает руки.
- Сканирование каналов - позволяет контролировать активность и отвечать на вызовы на разных каналах связи.
- Режим работы напрямую и через ретранслятор - связь с использованием ретранслятора для покрытия большой зоны или минуя его, напрямую, для связи непосредственно между радиостанциями.
- Выбираемый уровень мощности - низкая мощность продлевает время работы аккумулятора до подзарядки, высокая мощность позволяет иметь связь на большее расстояние.
- Таймер разговора - ограничивает время, в течение которого пользователь может осуществлять передачу, что позволяет эффективно использовать эфир и защитить передатчик радиостанции от перегрева.
- Компактная и прочная конструкция - радиостанции соответствуют стандартам MIL-STD-810C/D/E и IP54.
- Взрывозащищенность - радиостанции сертифицированы по стандарту Factory Mutual (FM) для применения во взрывоопасных средах.

- Расширяемость за счет функциональных плат - возможности радиостанции могут быть расширены за счет установки одной из предлагаемых плат: шифрования компании Transcrypt, транкингового модуля SmarTrunk II.



Портативные радиостанции

Портативные (носимые) радиостанции предназначены для индивидуального пользования и являются идеальным вариантом для пользователей, которые постоянно перемещаются и хотят всегда быть на связи. Причем сравнительно малая излучаемая мощность (1-5 Вт) не является преградой для их использования в городских условиях, т.к. связь между абонентами в транкинговых системах осуществляется через ретрансляторы. Существуют две модели портативных радиостанций - без клавиатуры и с клавиатурой.

Питаются данные радиостанции от никель-кадмиевых (NiCd) или никель-металл-гидридных (NiMH) аккумуляторов, которые предлагаются в двух вариантах емкости в стандартном или взрывобезопасном исполнении.

Кроме того, существует большое количество аксессуаров к портативным радиостанциям: внешние гарнитуры, запасные антенны и аккумуляторы, чехлы и др.



Автомобильные радиостанции

Автомобильные радиостанции предназначены для постоянной установки в автомобиле и питаются от бортовой сети +12В. Существует два вида автомобильных радиостанций - без клавиатуры и с усеченной клавиатурой на передней панели.

К радиостанциям поставляется большое количество аксессуаров: автомобильные антенны с различным усилением и креплением, тангенты без клавиатуры или с клавиатурой, приспособления для крепления в автомобиле, комплекты для раздельной установки панели управления и приемопередатчика, конверторы напряжения 24/12В и др.

Стационарные радиостанции

Стационарные радиостанции предназначены для постоянной установки в помещении и питаются от сети переменного тока 220В. Как правило, они выполняют роль центральной диспетчерской или абонентской стационарной станции.

В качестве стационарной радиостанции обычно используются автомобильные радиостанции, которые комплектуются настольным микрофоном, подставкой, источником питания от сети 220В, ВЧ-кабелем необходимой длины и стационарной антенной.

4.7 Содержание отчета:

1. Цель и оборудование рабочего места
2. Схема однозоновой сети «SmarTrank-II»
3. Состав аппаратуры однозоновой сети
4. Характеристики аппаратуры

4.8 Контрольные вопросы

1. Классификация технологий мобильной связи
2. Классификация технологий транкинговой связи
3. Виды управления в сетях транкинговой связи
4. Режимы работы систем транкинговой связи
5. Структура построения системы «SmarTrank-II»
6. Основные характеристики «SmarTrank-II»
7. Назначение Хэндовера
8. Структура базового оборудования
9. Назначение контролера
10. Назначение комбайнера

5. КОНФИГУРИРОВАНИЕ ТРАНКИНГОВОЙ РАДИОСТАНЦИИ «SMARTRANK-II»

5.1 Цель работы

Изучение и приобретение навыков создания сетей транкинговой связи и конфигурирования базовых радиостанций.

5.2 Содержание работы

1. Ознакомиться с основными особенностями транкинговых сетей связи.
2. Изучить алгоритм функционирования сети «SmarTrank-II»
3. Ознакомиться с контроллером ST-853 и изучить его основные характеристики
4. Отработать алгоритм конфигурирования базовых станций

5.3 Оборудование

1. Базовая станция GR-350
2. Носимая радиостанция GP-60
3. Контроллер ST-853
4. Персональный компьютер

5.4 Программирование контроллера базовой станции

Цифровой транкинговый контроллер ST-853 осуществляет управление одним ретранслятором (один радиоканал) и одной или двумя телефонными линиями. Несколько контроллеров и ретрансляторов могут устанавливаться вместе, предоставляя абонентам до 16 голосовых каналов. Все контроллеры базовой станции подключаются к одной шине данных для обмена данными и взаимодействия при работе.

Контроллер ST-853 настраивается и программируется с использованием специального программного обеспечения (СПО), поставляемого вместе с контроллером. Данное СПО работает на персональных компьютерах в программной среде MS-DOS 3.30 и выше.

5.4.1 Начало работы с программой

Для начала работы с программой необходимо запустить файл st.exe, находящийся в директории, где располагается СПО (о месторасположение директории информирует преподаватель).

СПО обеспечивает подготовку файла конфигурации для контроллера базовой станции и его последующую загрузку в контроллер. Для осуществления загрузки файла конфигурации в контроллер последний подсоединяется к компьютеру по СОМ-порту. Для обеспечения удаленного управления контроллером базовой станции возможна организация связи между контроллером и компьютером с использованием модема и обычных телефонных линий.

Управление программой может осуществляться как с клавиатуры, так и с помощью мыши. В последнем случае необходимо наличие дополнительного свободного СОМ-порта или использование для подключения мыши других имеющихся портов.

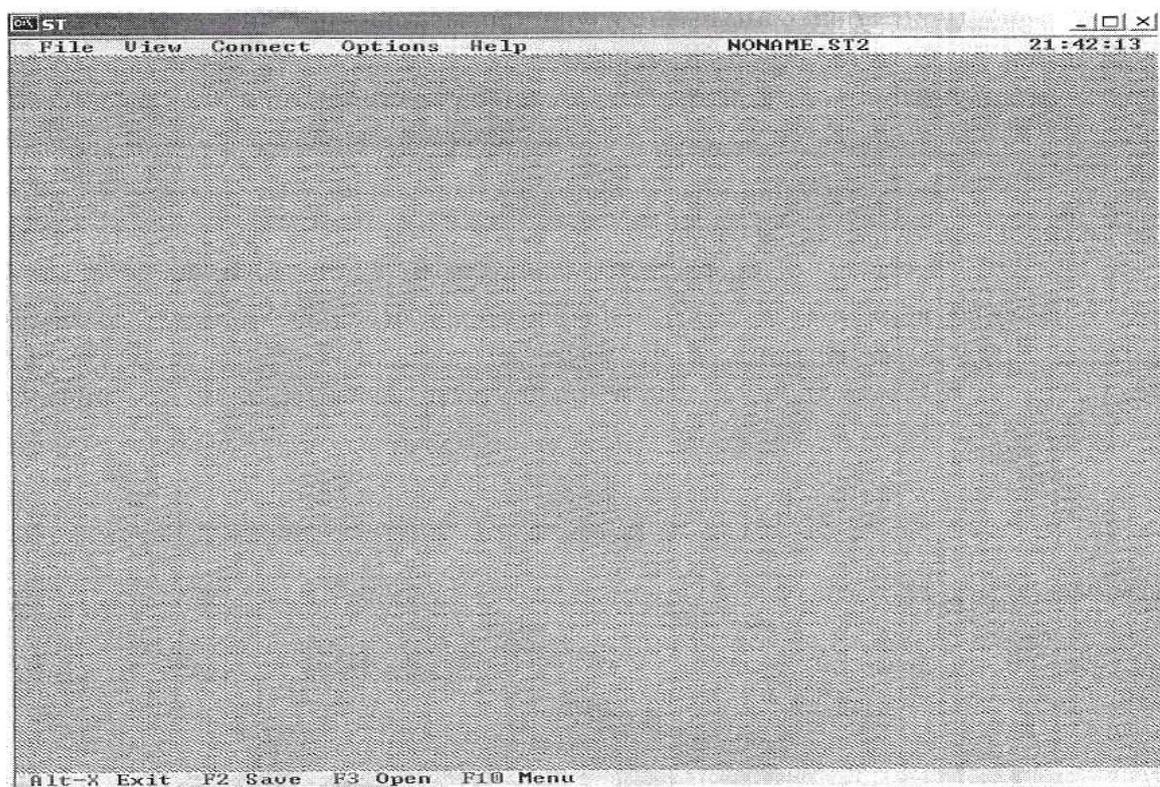


Рисунок 5.1

Файл конфигурации может быть подготовлен в автономном режиме и затем на любом доступном носителе или по сети передан на компьютер, подключенный к контроллеру.

Главное окно программы (рисунок 5.1) содержит 5 пунктов меню:

File - создание, сохранение файлов конфигурации контроллера;

View - редактирование текущего файла конфигурации (создание новых абонентов, изменение профилей, настройка параметров вызовов и т.д.);

Connect - установка связи с контроллером (посредством модема или через последовательный порт);

Options - изменение параметров соединения с контроллером;

Help - вызов краткой справки о программе.

5.4.2 Создание новых абонентов

Доступ к базе абонентов осуществляется через подменю **Subscribers** меню **View** (рисунок 5.2).

Subscribers database содержит два поля - **Subscribers** и **Profile "№"**. Активное поле

выделено белым цветом. Внизу экрана приведен список возможных операций в данном поле (**Save**, **Edit**, **Add** и т.д.).

В начале работы список абонентов (поле **Subscribers**) пуст. Для добавления абонента следует активизировать поле **Subscribers** и выполнить команду **Add**. Появится окно создания нового абонента (рисунок 5.3). Далее следует задать номер уникального Page Code абонента и номер соответствующего ему профиля.

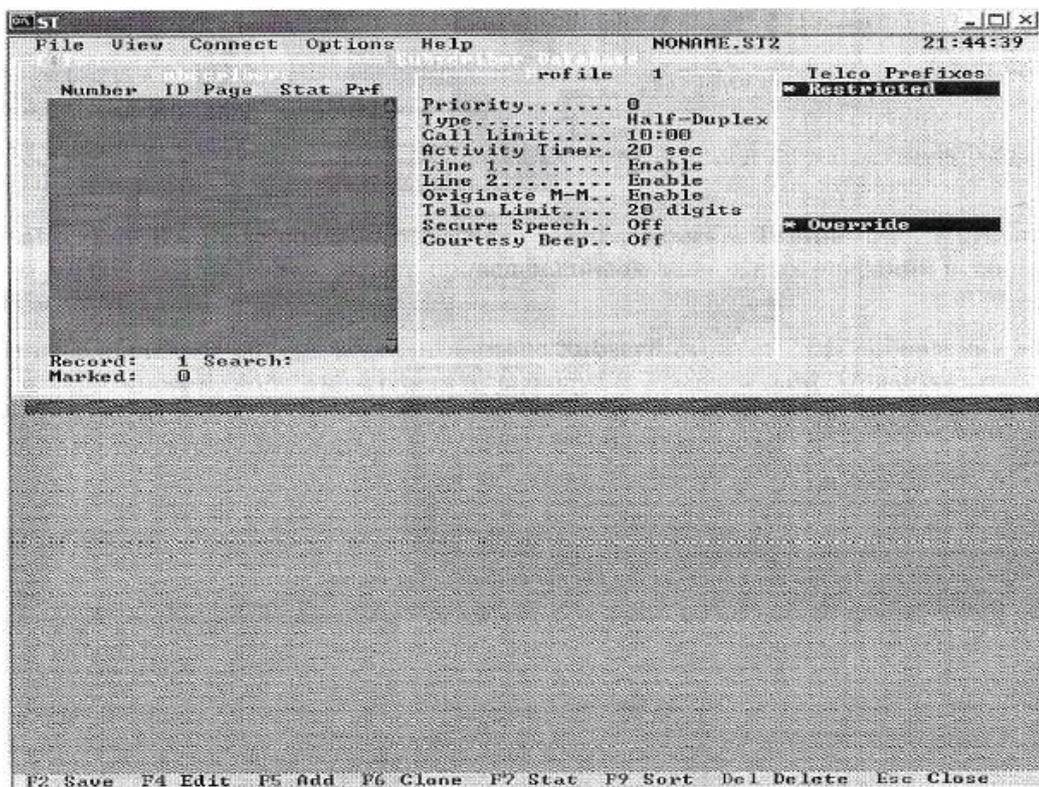


Рисунок 5.2

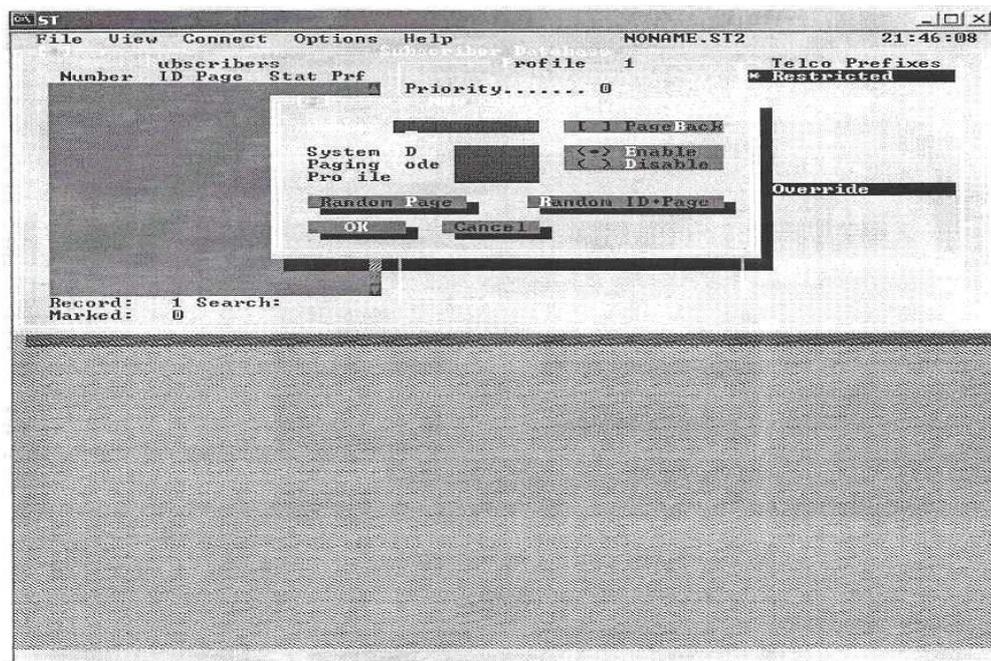


Рисунок 5.3

5.4.3 Редактирование (задание) профилей абонентов

Для изменения (задания) профиля абонента необходимо активизировать поле **Profile “№”** (№ - номер профиля) и выполнить команду **Edit (Add)**.

В появившемся окне профиля (рисунок 5.4) можно изменять следующие параметры:

Priority - приоритет абонентов в сети (чем больше значение, тем выше приоритет);

Call Limit - максимальное время разговора абонентов;

Mobile Activity - время отсутствия активности во время вызова;

Type - тип вызовов для абонентов;

Line 1 (Line 2) - разрешение на использование телефонных линий.

Выбрав пункт **Restrictions**, можно изменить значение параметра **Maximum number length** (максимально возможное количество набираемых цифр для звонка в город) и запретить (разрешить) использование префиксов.

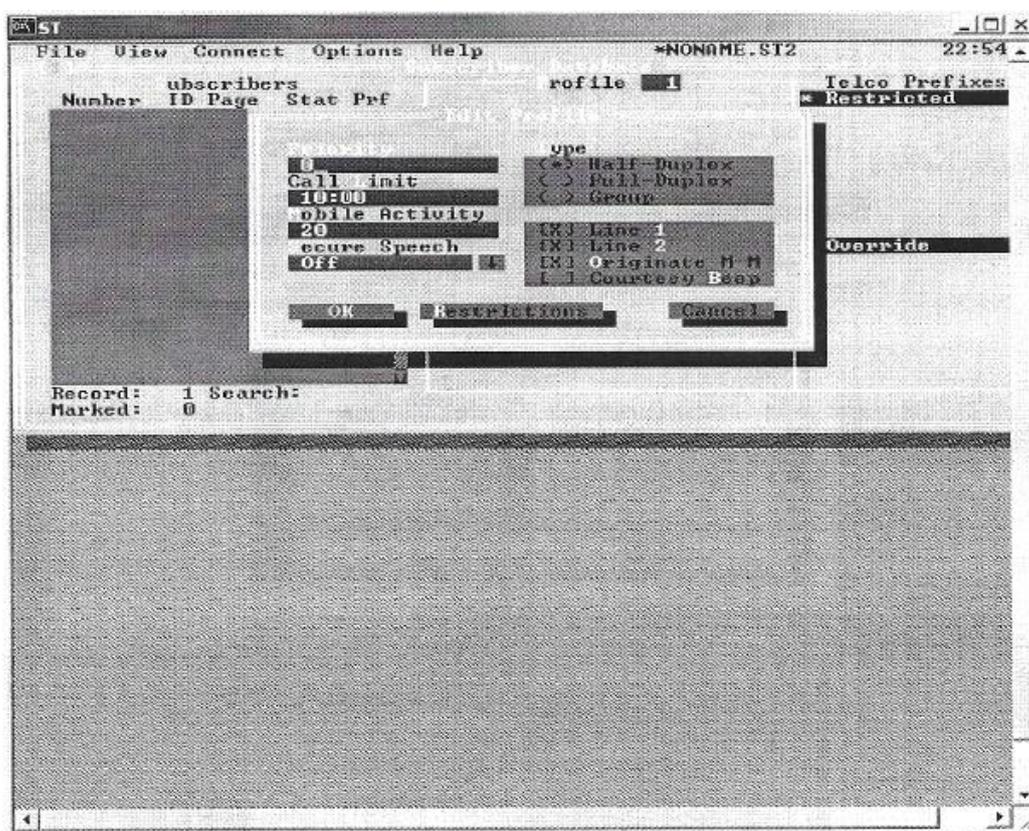


Рисунок 5.4

5.4.4 Общесистемные параметры контроллера

Доступ к общесистемным параметрам контроллера осуществляется через подменю System configuration и Advanced options меню View.

Подменю System configuration (рисунок 5.5) содержит следующие основные параметры:

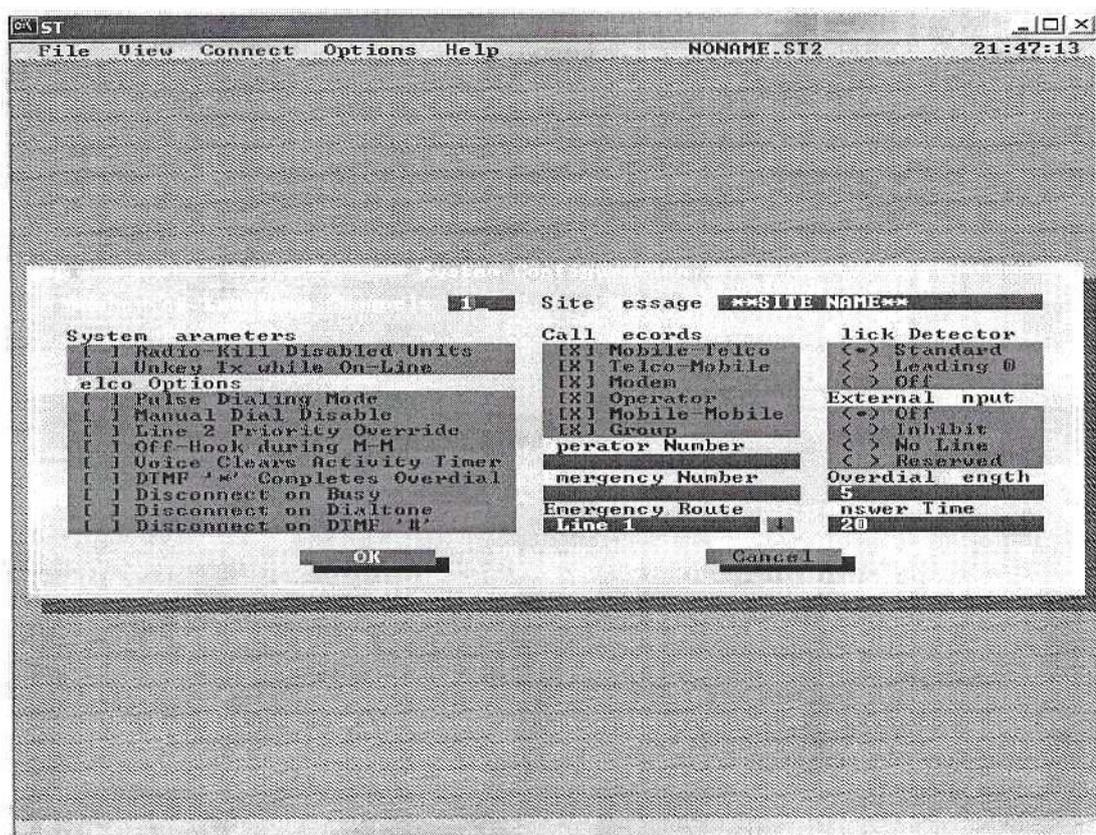


Рисунок 5.5

Number of Trunking Channels (Количество транкинговых каналов) - полное количество транкинговых каналов в системе.

Site Message (Сообщение системы) - текстовое сообщение длиной до 20 символов. Используется для идентификации системы при установлении связи с компьютером.

System parameters:

- **Radio-Kill Disabled Units** - игнорирование нежелательных станций.
- **Unkey Tx while On-Line** - отключение передатчика при связи контроллера с компьютером.

Telco Options - параметры для работы с телефонными линиями:

- **Pulse Dialing Mode** (Импульсный режим набора номера)
- **Manual Dial Disable** (Запрет ручного набора)
- **Line 2 Priority Override** (Приоритет линии 2)
- **Off-Hook During M-M** (Занятие линии 1 при связи между мобильными абонентами)
- **Voice Clears Activity Timer** (Таймер активности со сбросом по голосу)
- **DTMF "*" Completes Overdial** (Завершение донабора сигналом DTMF "*")

- **Disconnect on Busy** (Разъединение по сигналу занятости)
- **Disconnect on Dialtone** (Разъединение по сигналу зуммера)
- **Disconnect on DTMF “#”** (Разъединение по сигналу DTMF “#”)

Call Records (Записи вызовов) - определяют тип вызова, записанного в базе данных вызовов контроллера:

- **Mobil-Telco** (Вызов от подвижного абонента к линии)
- **Telco-Mobil** (Вызов от линии к подвижному абоненту)
- **Modem** (Создать запись при программировании через модем)
- **Operator** (Создать запись при вызове от абонента к подвижному оператору системы (9*))
 - **Mobil-Mobil** (Создать запись при вызовах между подвижными абонентами (3*) или группами)
 - **Group** (Создать запись при осуществлении пользователем группового вызова с помощью РТТ (4*))

System Tone (Системный тон) - используется для определения занятости канала. По умолчанию используется тон 03 (123 Гц).

Operator Number (Номер оператора - это номер пользователя (до 5 цифр), который автоматически вызывается путем набора “9*”)

Emergency Telephone (Тревожный номер - номер длиной до 16 цифр, который автоматически набирается по линии 1, когда пользователь набирает “0*”. Обычно это номер полиции, пожарных или другой службы безопасности. На этот номер не распространяются запрещенные префиксы.)

Click Detector (Включает/выключает Детектор импульсного набора, используемый для дешифровки номеров, набираемых с помощью импульсного набора.)

External Input (Внешний выход) - используется в специальных случаях.

Overdial Length (Длина донабора - максимальное количество цифр при донаборе номера абонента транкинговой системы.)

Answer Timer (Таймер ответа - определяет время (от 1 до 255 секунд), в течение которого будут передаваться сигналы вызова на пользовательский терминал).

Подменю **Advanced options** содержит параметры, представленные на рис.5.6.



Рисунок 4.6

5.5 Телефонные префиксы

Окно телефонных префиксов (пункт Telephone Prefixes меню View, рисунок 5.7) используется для задания префиксов, используемых при обработке исходящих телефонных вызовов. Префиксы выполняют две функции:

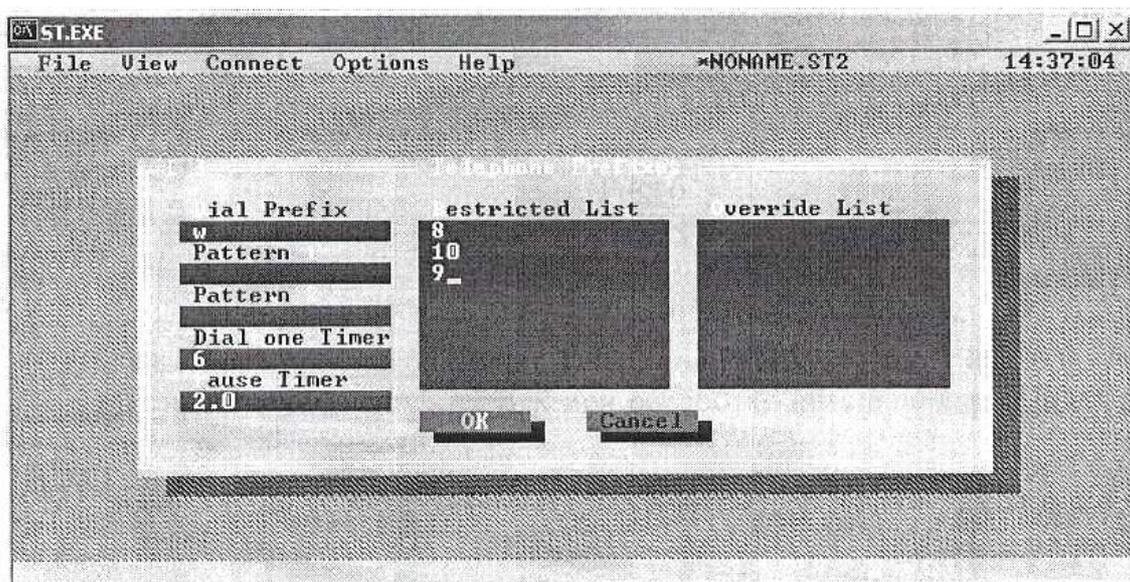


Рисунок 5.7

- Определение условий, при которых контроллер делает паузы или ожидает

гудок (зуммер);

- Задания запрещенных для набора номеров.

Параметры Dial Prefix (Префикс набора) - до 4 цифр или кодов, Pattern 1 и 2 - до 8 цифр или кодов, определяют ситуации, когда контроллер должен ожидать гудка или делать паузу. Разница между этими параметрами заключается в том, что префикс набора номера автоматически набирается всякий раз при осуществлении телефонного вызова, а параметры Pattern используются для проверки, соответствует ли набранная пользователем последовательность цифр кодам, заданным в этих параметрах. Время паузы и ожидания гудка задают параметры соответственно Pause Timer и Dial Tone Timer.

Коды паузы и ожидания гудка приведены в Таблице 5.2.

Таблица 5.2

Код	Наименование	Действие
w	Ожидание гудка (зума)	Ожидание гудка с учетом параметра таймера гудка
,(запятая)	Код паузы	Пауза в соответствии с параметром таймера паузы

Пример:

Dial Prefix: w9,

После формирования пользователем исходящего вызова:

1. Контроллер ожидает гудка в линии.
2. Контроллер набирает цифру 9.
3. Контроллер делает паузу в соответствии со значением таймера паузы.
4. После этого контроллер начинает набирать номер, заданный пользователем.

Пример:

Pattern: 8w916,

1. Пользователь набирает 89161112233

Контроллер: набирает 8, ожидает гудок, набирает 916, делает паузу и набирает 1112233

2. Пользователь набирает 6150123

Контроллер набирает: 6150123

Restricted List (Список запрещенных префиксов) - определяет для всей системы перечень телефонных префиксов, которые запрещено набирать пользователям.

Override List (Список обхода) - определяет для всей системы список префиксов, которые могут быть использованы для обхода запрещенных префиксов.

5.6 Запись данных в контроллер

После того, как файл конфигурации подготовлен, содержащиеся в нем данные требуется переписать в контроллер. Перед началом соединения с контроллером необходимо сохранить созданный файл конфигурации (команда **Save**) с уникальным именем на жестком диске компьютера.

Для записи данных в контроллер необходимо в подменю **Port** меню **Options** выбрать порт компьютера, к которому подсоединен кабель контроллера (рисунок 8).

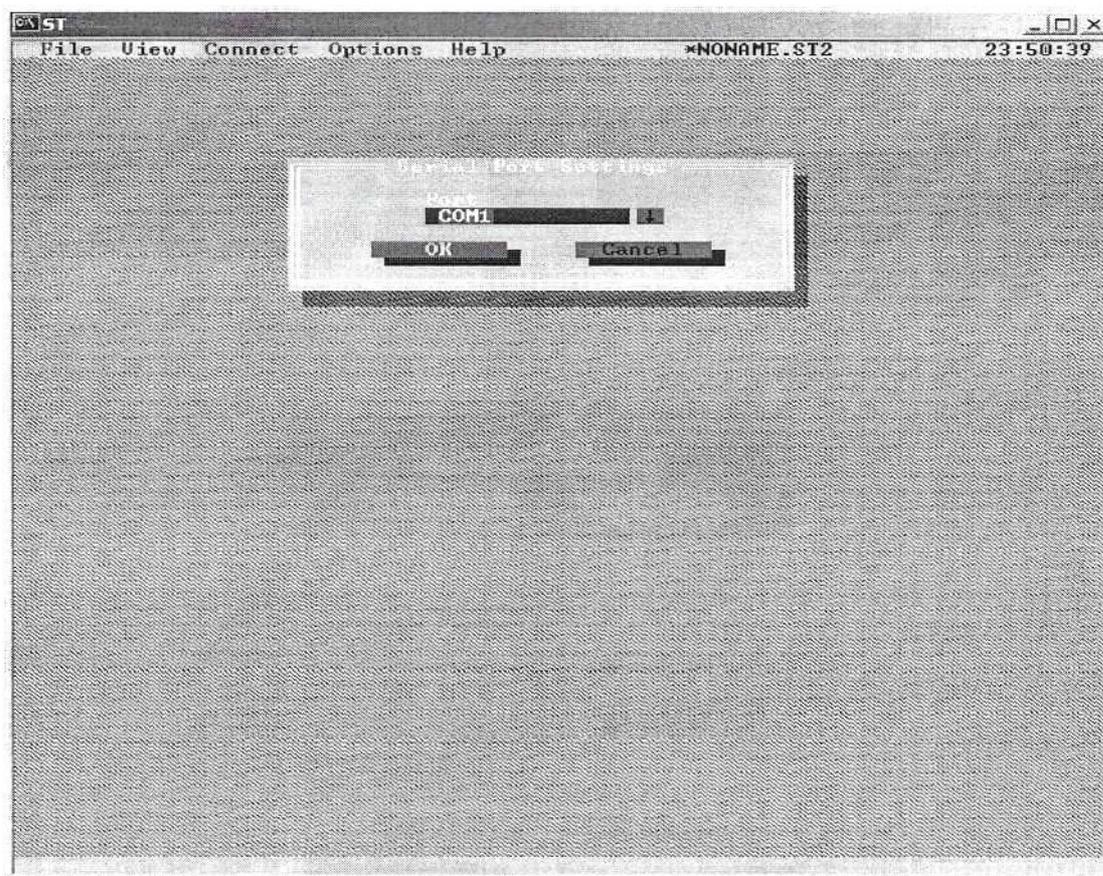


Рисунок 5.8

лее

сле

ции

в

лера.

необходимо выбрать подменю **Port** меню **Connect** и ввести пароль доступа. Почему все данные файла конфигурации будут записаны в память контроллера.

5.7 Транкинговый контроллер ST-853

Транкинговый контроллер ST-853 может поддерживать до 4096 абонентов и сохранять в памяти до 4500 записей о совершенных абонентами вызовах. Наличие общей шины данных обеспечивает возможность программирования всех совместно установленных контроллеров, а также снятия с них тарификационной информации при помощи одного внешнего модема со скоростью до 9600 бод. Кроме того, синхронизацией работы контроллеров при помощи шины данных решается проблема с потерей входящих вызовов при большой нагрузке на систему. У контроллера ST-853 есть некоторые возможности, обеспечивающие удобство администрирования системы:

- Раздельные пароли для системного оператора (уровень доступа, позволяющий изменять любые параметры системы) и администратора (данный уровень доступа позволяет просматривать информацию о пользователях и работать с тарификационной информацией).

- Возможность индивидуально разрешать или запрещать для каждого пользователя доступ к первой и второй телефонным линиям, а также возможность инициировать вызовы других мобильных абонентов. Работа с контроллерами ведется при помощи до-

статочно удобной специализированной программной оболочки, позволяющей упростить выполнение большинства рутинных процедур, связанных с повседневным обслуживанием системы.

Контроллер ST-853 имеет последовательную шину передачи данных, соединяющую все контроллеры одной базовой станции, доступ к программированию всех контроллеров через один канал данных, возможность шифрования речевого сигнала при использовании контроллера с совместимыми логическими платами.

Контроллер имеет детекторы тонального и импульсного донатора номера. Но, как показывает практика, детектор щелчков при наборе номера импульсным номеронабирателем, имеющий низкую помехоустойчивость, практически не работает на российских телефонных линиях. Кроме того, контроллер ST-853 может обрабатывать как сигналы формата SmarTrunk (двухтоновые с кратной частотой), так и сигналы формата SmarTrunk II (FFSK- посылки).

База данных абонентов

Количество абонентов	до 4000
Регистрация звонка	4500 на канал
Номер абонента	От 1 до 5 цифр
Вызывной код абонента	6 цифр (320 000 кодов)
Максимальная длительность разговора	программируется от 2,5 до 55 минут для каждого абонента

Характеристики сигналов

Вызывной код	SmarTrunk SmarTrunk II	Высокоскоростной DTMF Цифровой с двухпозиционной фазовой манипуляцией
Тип телефонного интерфейса		2-х проводная абонентская линия
Количество линий		2
Набор номера		Тональный или импульсный

Другие характеристики

Виды звонков	радиоабонент – телефон, телефон – радиоабонент, между радиоабонентами, групповой вызов, экстренный вызов, приоритетный вызов, диспетчерский вызов
Питание	200 мА постоянного тока От +10 до +20 В
Температура	-25...+65 °С
Габаритные размеры	483 x 159 x 44,5 мм На монтажной стойке 19”

Автомобильная радиостанция GM300

Модель GM300 имеет два варианта исполнения - 8 и 16 канальный, функционирующие в диапазоне частот 136-174 МГц, 403-520 МГц с выходной мощностью 1-45 Вт; канальный шаг 12,5 и 20/25 кГц.

Существует возможность использовать вместо радиопередающей части базовой станции стационарную/мобильную абонентскую станцию, подключив её к контроллеру. Наиболее часто используемой для таких задач является абонентская станция GM 300 производства Motorola.

Стандартное функциональное оборудование:

- Регулятор громкости (вращ.) вкл./выкл.
- Внутренний микрофон на передней панели
- Трех функциональный светодиод
- Вверх/Вниз 8 каналов или режим селектора
- программные селективные кнопки
- PL/DPL/CSQ сигнализация
- Функция SELECT5 существует только на 16 канальной версии
- Задний сервисный разъем
- Руководство пользователя

Технические характеристики

Количество каналов	8/16
Шаг сетки частот, кГц	25/12.5
Диапазон частот, МГц	136-162/146-174
Диапазон рабочих температур, °С	-30÷ +60
Напряжение питания, В	13.8В±10%
Размеры, мм	50.8x178x198
Масса, гр.	1.700

Приемник

супергетеродин с двойным преобразованием	
Чувствительность, мкВ	0.30 при 12 дБ с/ш
Выходная мощность при уровне нелинейных искажений 10%, Вт	3.0
Интермодуляционная избирательность, подавление побочных и зеркального каналов, дБ	75
Потребляемый ток, А	0.4-1.5

Передатчик

Выходная мощность, Вт	до 45
Модуляция	16K0F3E (25 кГц) 8K50F3E (12.5 кГц)
Максимальная девиация	±5.0 кГц(25 кГц); ±2.5 кГц(12.5 кГц)

Стабильность частоты	$\pm 2.5 \cdot 10^{-6}$
Потребляемый ток, А	4-15 (при 10-45 Вт)

Радиотелефонный модуль ST-869

Радиотелефонный модуль ST-869 SmarTrunk II предназначен для подключения к системе беспроводной связи SmarTrunk II обычных телефонных аппаратов, факсов и компьютерных модемов. Телефонный выход ST-869 является полным аналогом абонентской линии, предоставляет питающее и вызывное напряжение для подключенных устройств. ST-869 выполняет все функции по управлению полу- или полнодуплексной радиостанцией, включая сканирование транкинговых каналов и поддержку цифрового протокола SmarTrunk II.

Область применения

Модуль ST-869 разработан для построения систем беспроводной телефонной связи в районах, где строительство кабельных линий невозможно или экономически неоправдано, требует больших затрат средств и времени. Система SmarTrunk II позволяет в короткий срок развернуть гибкую и недорогую систему беспроводной связи, обеспечить полноценным телефонным сервисом удаленные районы, расширить зону обслуживания.

Типичными областями применения являются удаленные промышленные объекты, горные и нефтедобывающие предприятия, дачные поселки, районы новых застроек. Система местной беспроводной связи SmarTrunk II может с успехом применяться в городах, где установка телефона требует длительного ожидания или значительных затрат.

Комплект оборудования, устанавливаемый у абонента, состоит из радиостанции, дуплексера (только для полнодуплексного режима), радиотелефонного модуля ST-869, источника питания, антенны с кабелем и обычного телефона с DTMF. ST-869 устанавливается на корпус радиостанции и соединяется с помощью 13-ти проводного интерфейсного кабеля. Для подключения телефонного аппарата предусмотрен стандартный разъем RJ-11. Установочный комплект и инструкции по монтажу разработаны для девяти моделей радиостанций.

Принцип действия

Модуль ST-869 работает в одном из двух режимов с выбором интерфейса "обычного" телефона или "сотового".

В первом режиме система работает как обычный телефон. После поднятия телефонной трубки ST-869 находит и занимает один из свободных радиоканалов системы. Подключенный к телефонной сети контроллер базовой станции ST-852 передает сигнал готовности АТС. Абонент набирает номер, дожидается ответа и разговаривает. Когда абонент закончит разговор и положит трубку, ST-869 автоматически передаст команду разъединения и освободит канал.

В режиме "сотового" телефона для набора номера используется метод "набрал-отправил". Когда абонент поднимает трубку, он слышит сигнал готовности, передаваемый ST-869. Абонент набирает номер, код типа соединения, нажимает клавишу "отпра-

вить". После этого модуль находит свободный канал и устанавливает соединение. "Сотовый режим" позволяет абонентам одной системы связываться друг с другом без занятия телефонных линий.

Работа с полудуплексными радиостанциями

При работе с полудуплексными абонентскими радиостанциями модуль ST-869 использует систему голосового управления передатчиком (VOX). Радиостанция включается на передачу при наличии голосового сигнала и возвращается в режим приема при его отсутствии. Система VOX исключает необходимость использования тангенты "прием-передача" (РТТ). Полудуплексные абонентские радиостанции поддерживают работу факсов, но не компьютерных модемов.

Работа с полнодуплексными радиостанциями

Полнодуплексные абонентские радиостанции используют все возможности системы беспроводной телефонной связи SmarTrunk II и предоставляют сервис, аналогичный обычной телефонной сети. Абоненты могут говорить и слушать одновременно, поддерживается работа факсов и модемов. Полнодуплексные абонентские радиостанции рекомендуются для большинства систем беспроводной связи SmarTrunk II.

5.8 Содержание отчета:

1. Цель и оборудование рабочего места
2. Схема однозоновой сети «SmarTrank-II»
3. Алгоритм конфигурирования базовых радиостанций
4. Характеристики базовых радиостанций

5.9 Контрольные вопросы

1. Классификация технологий мобильной связи
2. Классификация технологий транкинговой связи
3. Виды управления в сетях транкинговой связи
4. Режимы работы систем транкинговой связи
5. Структура построения системы «SmarTrank-II»
6. Основные характеристики «SmarTrank-II»
7. Назначение Хэндовера
8. Структура базового оборудования
9. Назначение контролера

6. ИССЛЕДОВАНИЕ И ИЗУЧЕНИЕ СИСТЕМ ШИРОКОПОЛОСНОГО ДОСТУПА

6.1 Цель работы

Исследование и изучение инфокоммуникационной технологии широкополосного доступа

6.2 Содержание работы

1. Ознакомиться с краткой теорией широкополосного доступа;
2. Изучить алгоритм конфигурирования и вхождения в сеть широкополосного доступа;
3. Произвести настройку точки доступа;
4. Передать контрольную информацию по организованной сети.

6.3 Оборудование

1. Персональный компьютер - 2 шт.;
2. Точка доступа Wi-Fi.

6.4 Краткие сведения из теории

Wi-Fi или WiFi (Wireless Fidelity) – это стандарт широкополосной беспроводной сети Wireless LAN, который разработала компания Wi-Fi Alliance, основываясь на базе IEEE 802.11. Он позволяет иметь доступ в интернет с любого переносного технического устройства (смартфон, компьютер, планшет) без проводной привязки к стационарным устройствам и Ethernet розеткам. Пользователь может перемещаться по всей зоне покрытия сети и загружать сайты и данные на высоких скоростях. К одной точке могут быть подключены несколько устройств одновременно, что делает этот вид Интернет подключения универсальным и распространенным.

6.4.1 Принцип работы

Функционирует Wi-Fi несколько иначе, чем проводная сеть. Изначальным источником интернета служит Ethernet, доступ к которому обеспечивается за счет стационарного подключения. Для раздачи нужен Wi-Fi роутер, который будет передавать данные через каналы определенной частоты. Для разных видов сетей используются разные частотные спектры: грамотный выбор диапазона очень важен для корректного обеспечения покрытия.

Каждая Wi-Fi сеть передается на определенной частоте, а чтобы пользователи их не спутали, им присваивается название (делается это с помощью стационарного компьютера, к которому временно или постоянно подключен роутер). Чтобы ограничить доступ к сети, владелец может задать пароль, который будет запрашиваться при первом подключении (далее пароль обычно хранится в базе устройства). Установить роутер в качестве точки раздачи можно самостоятельно, если следовать инструкциям. Смартфон, оснащенный специализированным модулем, также может «раздавать» WiFi.

6.4.2 Стандарты Wi-Fi сетей

Организация IEEE разрабатывает стандарты сетей Wi-Fi. На сегодняшний день их несколько:

- IEEE 802.11 – основной стандарт, который обеспечивает подключение к сети на низких скоростях.
- IEEE 802.11b используется для более быстрого доступа, но имеет больше технологических ограничений. Работает на каналах спектра 2.4GHz и обеспечивает передачу данных до 11 Мбит в сек.
- Протокол IEEE 802.11a работает в спектре 5 GHz и позволяет передавать информацию 54 Мбит/сек.
- IEEE 802.11g эквивалентен IEEE 802.11a, но совместим с IEEE 802.11b, работая в спектре 2.4GHz (скорость 54 Мб/сек).
- Самым передовым стандартом для коммерческого использования является IEEE 802.11n. Он работает в частоте 20MHz и 40MHz и позволяет использовать до 4 передатчиков. Теоретически, такая сеть может обеспечивать скорость до 600 Мбит/сек, но по одной антенне передается около 150 Мбит в секунду. Он позволяет работать одновременно устройствам, поддерживающим разные стандарты.
- 802.11ac – это новый стандарт, работающий на частоте 5 GHz и 2.4GHz обеспечивающий самую высокую скорость передачи данных.

Вдобавок к этим стандартам есть множество других (от d до w). Каждый из них подстроен под разные сервисные функции.

6.4.3 Режимы безопасности Wi-Fi

Есть несколько режимов использования подключения, и они неодинаково надежны. Вкратце рассмотрим, в чем заключается разница между ними. WEP (Wired Equivalent Privacy) – это устаревший тип, который обеспечивает низкий уровень защиты.

1) WPA (Protected Access) может подразделяться на Personal (для личного использования домашней сети) и Enterprise – корпоративный вариант, который имеет многоступенчатую систему защиты данных и требует использование сервера Radius.

2) WPA2 является более продвинутой разновидностью, позволяя работать и частным, и корпоративным пользователям. Если вы используете бесплатный WiFi в общественном заведении, убедитесь, что используется этот или предыдущий режим безопасности.

Наиболее оптимальным вариантом защиты сегодня является WPA2-PSK.

6.4.4 Преимущества Wi-Fi

- Отсутствие проводов.

Передача данных в сети осуществляется по радиоканалу. Возможна установка в местах, где прокладка проводной сети по тем или иным причинам невозможна или нецелесообразна, например, на выставках, залах для совещаний.

- Мобильность, как рабочих мест, так и самого офиса.

Так как беспроводная сеть не привязана к проводам, Вы можете свободно изменять местоположение Ваших компьютеров в зоне покрытия точки доступа, не беспокоясь о нарушениях связи. Сеть легко монтируется/демонтируется, при переезде в другое помещение Вы можете даже забрать свою сеть с собой.

Недостатки Wi-Fi

- Относительно высокая стоимость оборудования
- Небольшая дальность действия – 50-100 метров
- Велика опасность несанкционированного подключения к сети сторонних пользователей.

6.4.5 Недостатки Wi-Fi

Среди недостатков технологии следует отметить:

- Частотный диапазон 2.4 GHz используют многие другие устройства, поддерживающие Bluetooth, а также микроволновые печи, что может создавать определенные помехи.

- Производители оборудования указывают скорость на L1, однако реальная скорость передачи на L2 в сети Wi-Fi зависит от наличия физических препятствий между устройствами, наличия помех от других электронных устройств, взаимного расположения устройств и всегда ниже заявленной, что создает впечатление завышения скорости производителем.

- В разных странах частотные диапазоны и эксплуатационные ограничения отличаются. Так, в некоторых европейских странах разрешено использование двух дополнительных каналов, в то время, как в США они запрещены. В Японии используется еще один канал в верхнем сегменте диапазона. В некоторых странах (например, России, Белоруссии, Италии) обязательной является регистрация всех наружных сетей Wi-Fi или регистрация Wi-Fi-оператора.

- В России также подлежат обязательной регистрации точки беспроводного доступа и адаптеры Wi-Fi с мощностью излучения, превышающей 100 мВт.

- Даже при правильной конфигурации алгоритм шифрования WEP может быть относительно легко взломан. Поэтому новые устройства совместимы с более совершенным протоколом шифрования данных WPA и WPA2, чему способствовало принятие в июне 2004 года стандарта IEEE 802.11i (WPA2). Оба протокола требуют более устойчивый пароль. Во многих организациях для защиты от вторжения используется дополнительное шифрование (например, VPN).

В режиме ad-hoc доступна лишь скорость 11 Мбит/сек (802.11b) и легко взламываемый алгоритм шифрования WEP.

В предлагаемой лабораторной работе мы освоим создание простейшей сети Wi-Fi на примере подключения ноутбуков к точке доступа Wi-Fi с использованием статической и динамической IP-адресации.

Схема сети имеет следующий вид:



6.5 Выполнение работы

Монтаж сети.

1. Возьмите у преподавателя Wi-Fi-адаптер. Подключите адаптер к USB-порту **ноутбука №2**. (См. схему сети).
2. Включите ноутбуки. После загрузки операционной системы на ноутбуках, на обоих адаптерах должны загореться сигнальные лампочки, свидетельствующие о установке радиообмена между адаптерами и точкой доступа.
3. Сеть собрана, теперь ее необходимо настроить.

1-я часть работы. Настройка сети со статическим адресом компьютера клиента.

Настройка сети заключается в установке **протоколов ноутбука клиента**, которые необходимы для его работы, а так же включение и настройка **DHCP-сервера**, который находится в точке .

Запомните. **Протокол** – это специальная программа, посредством которой компьютеры сети обмениваются между собой данными по специальным правилам. В нашей сети рабочим протоколом будет протокол **TCP/IP**. Чтобы компьютеры могли обмениваться между собой данными этот протокол должен быть установлен на всех компьютерах, которые находятся в сети.

На **ноутбуке сервере** протокол TCP/IP уже установлен, нам осталось установить и настроить этот протокол на **ноутбуке клиенте** (см. схему сети). *Помните*, что все пункты настройки должны выполняться в той последовательности, в которой они указаны. Не нарушайте последовательность настройки.

На ноутбуке №2 выполните следующие действия:

1. Щелкните правой клавишей мыши на значке «**Мое сетевое окружение**», выберите в меню «**Свойства**». Откроется список сетевых подключений (рисунок 6.1).

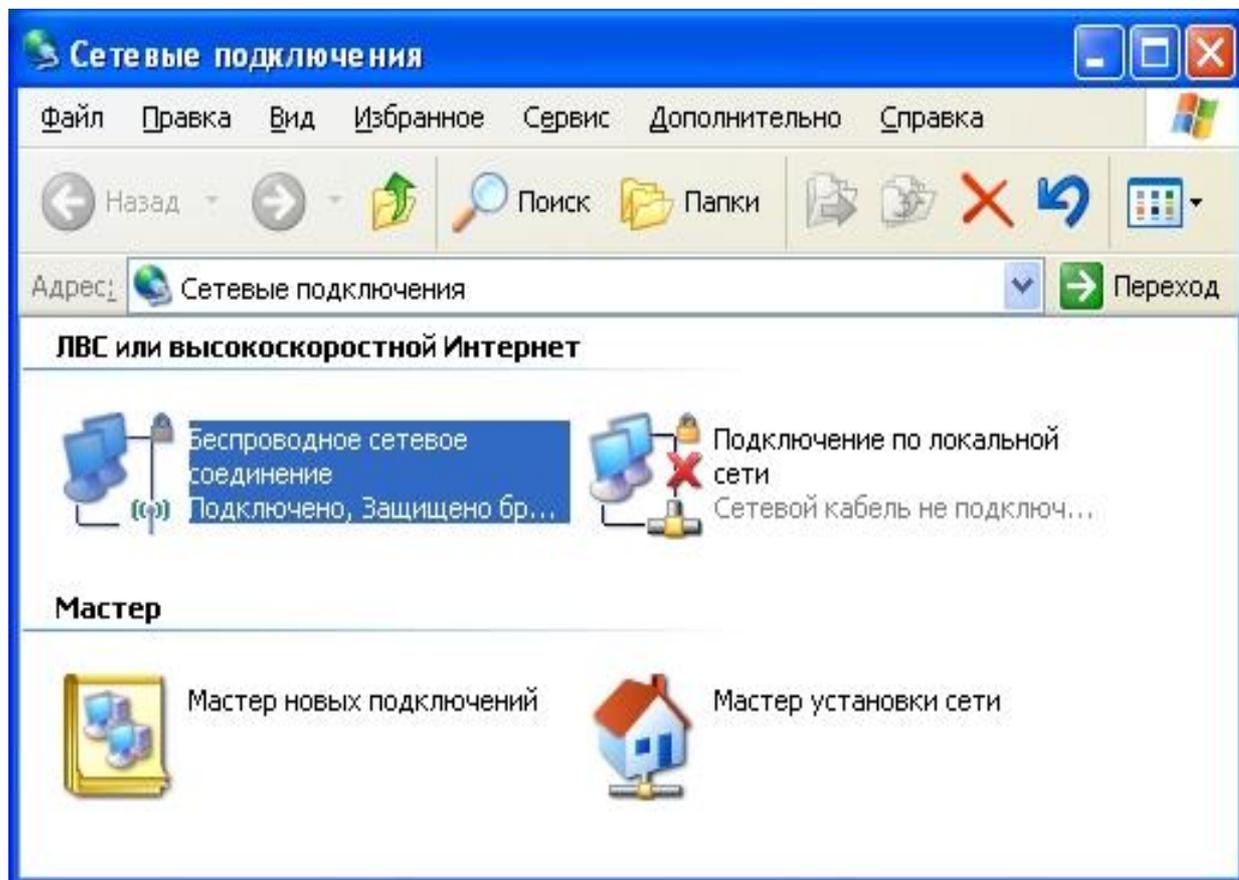


Рисунок 6.1

2. Выберите в списке «**Беспроводное сетевое соединение**», щелкните по нему правой клавишей мыши и выберите пункт «**Свойства**»). Откроется окно свойств соединения (рисунок 6.2).

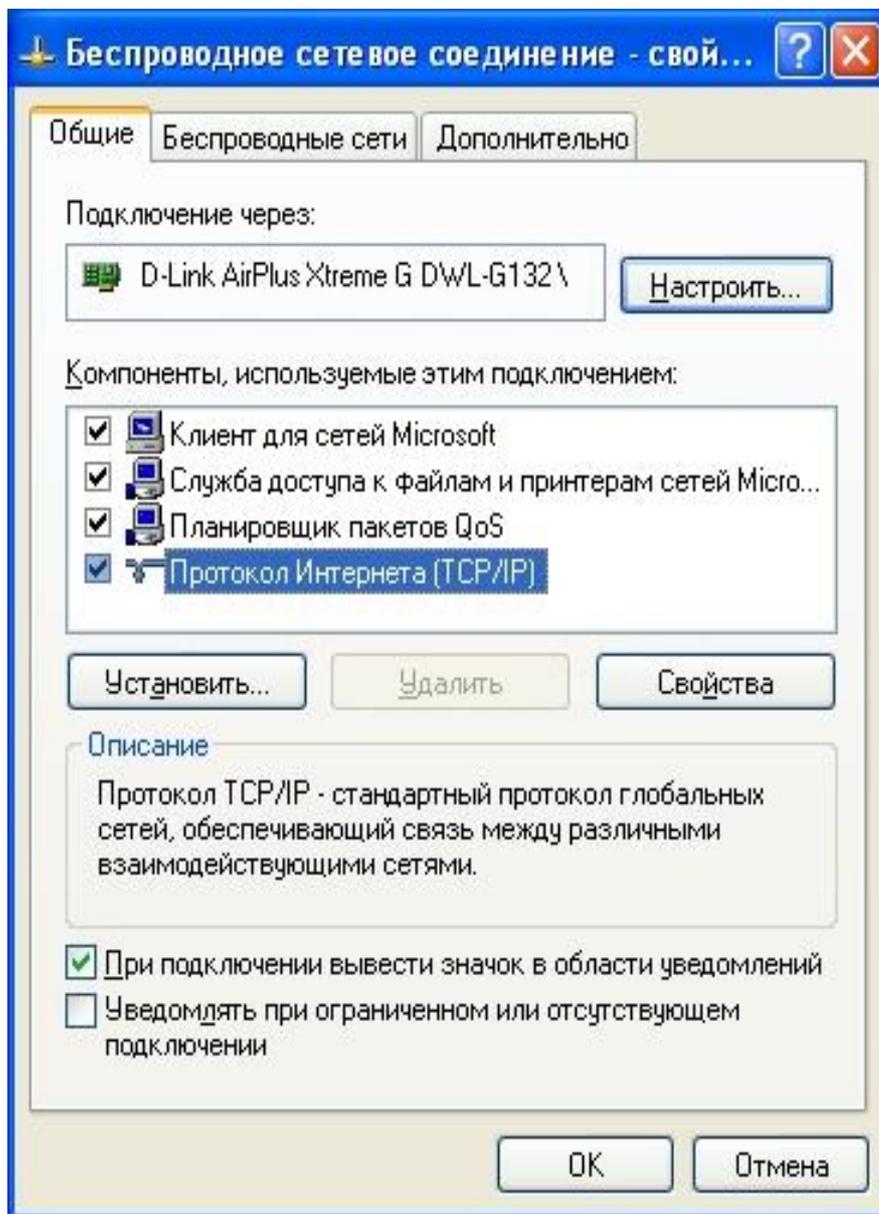


Рисунок 6.2

3. В появившемся окне выберите «**Протокол Интернета (TCP/IP)**», нажмите «**Свойства**». Откроется окно настроек протокола (рис.6.3.). Активируйте флажок «**Использовать следующий IP-адрес**». Введите в поля **IP-адрес** и **Маска подсети** адреса установок, которые изображены на рисунке 6.3.

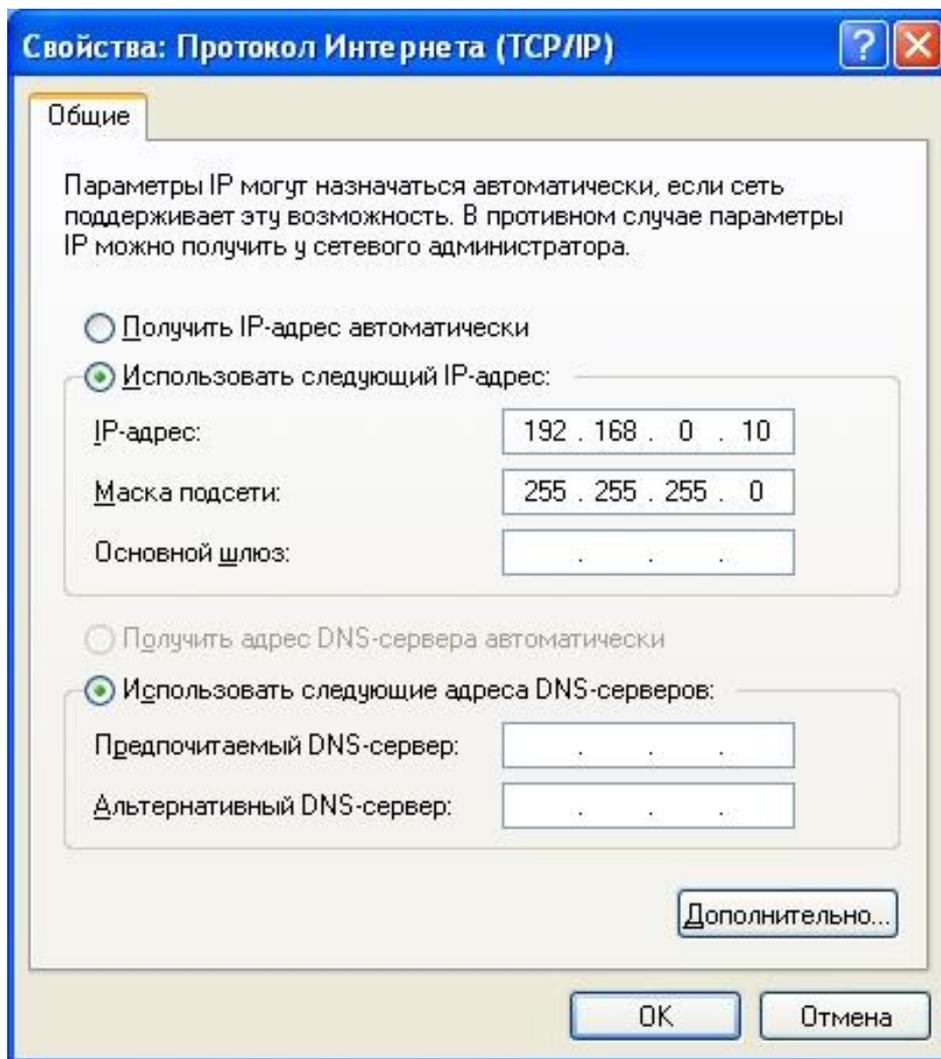


Рисунок 6.3

Здесь

192.168.0.10 – это IP-адрес компьютера в сети.

255.255.255.0 – маска подсети. Это специальный параметр, который вместе с адресом однозначно определяет сеть, в которой находится компьютер.

4. После ввода настроек, нажмите «**ОК**», окно «**Свойства: Протокол Интернета (TCP/IP)**» закроется. В окне «**Беспроводное сетевое соединение**» (рисунок 2.) нажмите «**ОК**».

Мы настроили ноутбук клиент для работы с беспроводной сетью. Для ноутбука прописан статический IP-адрес, это означает что мы присвоили ноутбуку выделенный, постоянный IP-адрес и прочие настройки, которые можно менять и назначать только вручную. Статический IP-адрес нам необходим для того, чтобы подключиться к точке доступа Wi-Fi и чтобы другие компьютеры в сети могли с ним связываться.

Для того чтобы начала функционировать сеть **Wi-Fi** необходимо настроить точку доступа.

Настройка точки доступа Wi-Fi и DHCP-сервера.

1. Загрузите обозреватель **Internet Explorer**. Введите в его адресной строке адрес: <http://192.168.0.50/>. Это IP-адрес **точки доступа Wi-Fi**. По этому адресу расположена система ее конфигурации. Вход в систему конфигурации защищен логином и паролем и на экране появится окно для ввода этих данных.

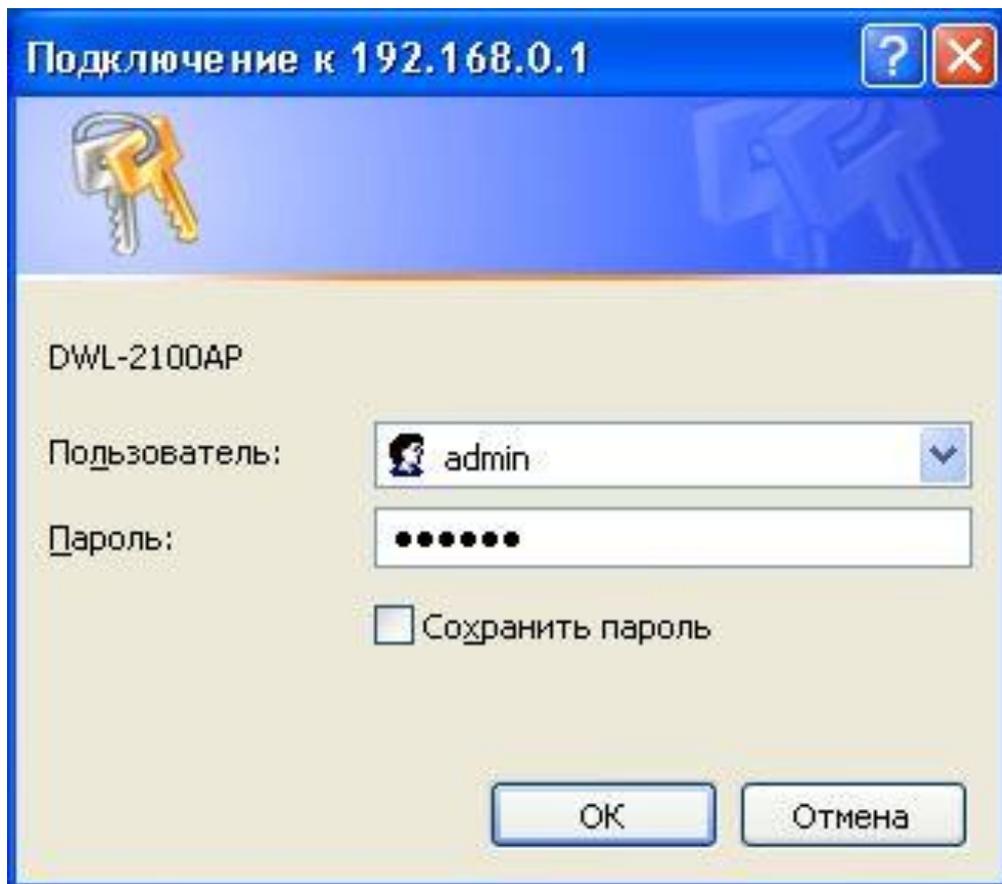


Рисунок 6.4

Введите **Пользователь – admin, Пароль – 12345678** и нажмите кнопку «**ОК**». Откроется главная страница систему конфигурации точки доступа Wi-Fi.

2. Щелкните по кнопке «Advanced». Откроется страница расширенных настроек точки доступа.

3. Щелкните по кнопке «DHCP Server». Откроется страница для изменения настроек **DHCP-сервера**.

Установите следующие параметры **DHCP**, либо измените существующие, если они не совпадают с указанными:

1. Function Enable / Disable – **Enabled**
2. IP Assigned From – **192.168.0.51**
3. The Range Of Pool (1-255) – **200**
4. SubMask – **255.255.255.0**
5. lease Time (60 – 31536000 sec) – **10000000**
6. Status – **ON**

Щелкните по кнопке «Apply» чтобы сохранить сделанные настройки. Точка доступа **Wi-Fi** уйдет на перезагрузку, которая занимает примерно полминуты.

Запомните. Выполненные выше настройки обеспечивают выполнение следующих функций:

Function Enable / Disable – Включает (Enabled) или отключает (Disabled) DHCP-сервер.

IP Assigned From – задает начальный IP-адрес, с которого начинается диапазон IP-адресов, выделяемых динамически пользователям (пользователи, которые подключаются временно).

The Range of Pool – задает конец диапазона IP-адресов, конечное значение последней цифры IP-адреса.

Таким образом в нашем примере мы задали диапазон IP-адресов от **192.168.0.51** до **192.168.0.200** включительно.

SubMask – маска подсети. Это специальный параметр, который вместе с адресом однозначно определяет сеть, в которой находится компьютер.

Lease Time – время «жизни» выделенных пользователю сетевых настроек. При динамической адресации настройки пользователя существуют определенное время, после чего сбрасываются и программное обеспечение пользователя запрашивает новые настройки. Здесь задается время существования выделенных пользователю настроек (в секундах).

Status – специальный параметр, он ставится в значение **ON**, если в сети используется совместно **динамическая** и **статическая** адресации. В нашем случае этот параметр установлен в **ON**, поскольку на **ноутбуке клиента** прописан статический, постоянный адрес.

Проверка работы беспроводной сети.

После того, как сеть настроена, нужно проверить ее работу и убедиться, что компьютеры могут обмениваться данными между собой. *Необходимо знать*, что в сети могут существовать самые разные службы и сервисы, каждый из которых выполняет свои задачи. В сети, которую мы настроили работают две службы: локальный **WEB-сервер**, предназначенный для размещения HTML-страниц в сети, и **Сеть Microsoft**, посредством которой производится обмен файлами и совместная работа с клиентами.

Сначала проверим работу **WEB-сервера**. **WEB-сервер** установлен на **ноутбуке сервер**. Для того, чтобы проверить работу **WEB-сервера**, запустите на **ноутбуке №2** (компьютер Клиент) обозреватель Интернета **Internet Explorer** и в его адресной строке введите <http://192.168.0.3/wifi/>

Если страница загрузится, действуйте в соответствии с указаниями, написанными на этой странице.

Если страница не загрузилась, значит сеть настроена неправильно. Тогда сделайте следующее:

1. Проверьте еще раз настройки протокола **TCP/IP ноутбука клиента** и убедитесь что они введены правильно.
2. Если ошибка не исчезает, позвоните преподавателя.

Запомните. Статическая IP-адресация имеет следующие недостатки:

1. Для того, чтобы узнать все настройки сети, необходимо обратиться к администратору сети, который должен индивидуально выделить для каждого клиента свой уникальный IP-адрес. Это неудобно как для клиента, так и для администратора.
2. При подключении к какой-либо другой беспроводной сети, настройки компьютера клиента приходится снова изменять под новую сеть, узнавая их у администратора.
3. Если случайно ваши настройки совпадут с настройками другого клиента, вы не сможете подключиться к сети.

Всех указанных недостатков лишена **динамическая IP-адресация**.

2-я часть работы. Настройка сети с динамическим адресом компьютера клиента.

Динамическая IP-адресация осуществляется с помощью **DHCP-сервера**, который находится в точке доступа. Разберемся что это такое.

Запомните. **DHCP-сервер** использует **DHCP** протокол (англ. **Dynamic Host Configuration Protocol** — протокол динамической конфигурации узла) — это сетевой протокол, позволяющий компьютерам автоматически получать IP-адрес и другие параметры, необходимые для работы в сети **TCP/IP**. Для этого компьютер, подключаемый к сети, обращается к серверу, **DHCP**, который на время проведения сеанса работы с сетью ему выдает **динамический IP-адрес**. Это позволяет избежать ручной настройки компьютеров сети, уменьшает количество ошибок и позволяет клиентам быстро подключаться к сети не тратя время на настройку протоколов связи вручную.

Настройка ноутбука на динамическую IP-адресацию.

1. Вернитесь к началу лабораторной работы, где вы осуществляли настройку сети ноутбука №2. (Раздел «**Настройка сети**»).
2. Повторите шаги 1-3, только на 3-м шаге, где вы вводили статический IP-адрес активируйте флажок «**Получить IP-адрес автоматически**». Это опция и включает динамическую IP-адресацию.
3. Нажмите «**ОК**», окно «**Свойства: Протокол Интернета (TCP/IP)**» закроется. В окне «**Беспроводное сетевое соединение**» (рисунок 2.) нажмите «**ОК**».

Динамическая IP-адресация на ноутбуке настроена!

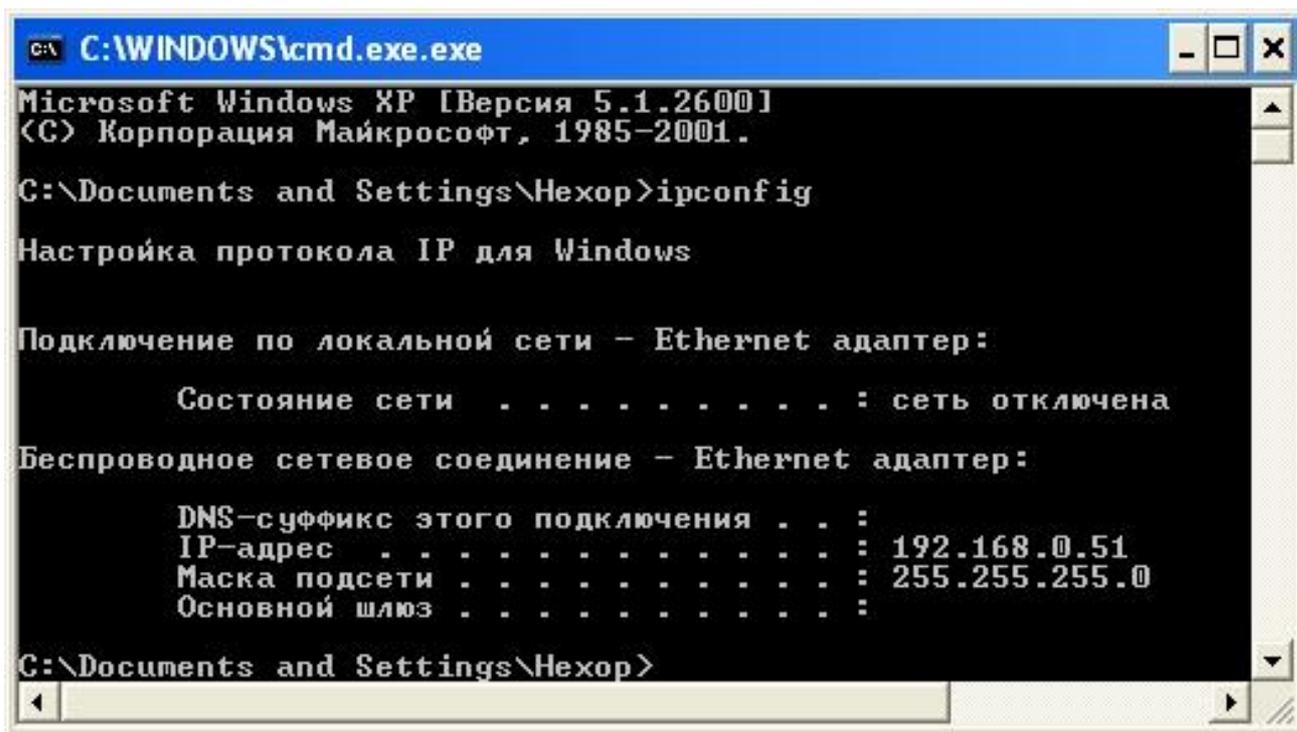
Проверка динамической IP-адресации.

1. Используя процедуру «**Безопасного извлечения устройства**» отключите Wi-Fi адаптер от **ноутбука клиента**. Она выполняется так же, как и при отключении флеш-карт.
2. Удалите адаптер из разъема **USB**.
3. Подождите несколько секунд и снова вставьте адаптер в разъем **USB**. Произойдет автоматическое подключение **ноутбука клиента** к беспроводной сети **Wi-Fi** и ноутбуку будут динамически присвоены IP-адрес и прочие сетевые настройки.

Для того, чтобы убедиться в том, что сетевые настройки были динамически присвоены, сделайте следующее:

1. Откройте «**Пуск / Стандартные / Командная строка**». Появится строка для ввода команд операционной системы.
2. Введите в строке команду:
ipconfig
и нажмите **Enter**

Эта команда отображает на экран настройки **протокола TCP/IP** вашего компьютера.



```
C:\WINDOWS\cmd.exe.exe
Microsoft Windows XP [Версия 5.1.2600]
(C) Корпорация Майкрософт, 1985-2001.

C:\Documents and Settings\Нехор>ipconfig

Настройка протокола IP для Windows

Подключение по локальной сети - Ethernet адаптер:

    Состояние сети . . . . . : сеть отключена

Беспроводное сетевое соединение - Ethernet адаптер:

    DNS-суффикс этого подключения . . . . . :
    IP-адрес . . . . . : 192.168.0.51
    Маска подсети . . . . . : 255.255.255.0
    Основной шлюз . . . . . :

C:\Documents and Settings\Нехор>
```

Рисунок 6.5

Если указанный командой IP-адрес компьютера находится в диапазоне **192.168.0.51 – 192.168.0.200**, значит динамическая IP-адресация работает нормально.

В случае, если указанный командой IP-адрес компьютера **НЕ находится** в диапазоне **192.168.0.51 – 192.168.0.200**), необходимо:

1. Произвести настройку сети заново, установив статический IP-адрес, затем, подключившись к точке доступа Wi-Fi проверьте, включен - ли DHCP-сервер и правильно - ли выставлены его параметры.
2. Если ошибка не исчезла – обратитесь к преподавателю.

Проверка работы беспроводной сети.

Сначала проверим работу **WEB-сервера**. **WEB-сервер** установлен на **ноутбуке сервере**. Для того, чтобы проверить работу **WEB-сервера**, запустите на **ноутбуке клиенте** обозреватель Интернета **Internet Explorer** и в его адресной строке введите **http://192.168.0.3/wifi/**

Если страница загрузится, действуйте в соответствии с указаниями, написанными на этой странице

Если страница не загрузилась, значит сеть настроена неправильно. Тогда сделайте следующее:

3. Проверьте еще раз настройки протокола TCP/IP **ноутбука №2** и убедитесь что они введены правильно. IP-адрес должен назначаться динамически, включите динамическую адресацию, если это не было сделано.
4. Если ошибка не исчезает, позвоните преподавателя.

6.6 Содержание отчета:

1. Цель работы
2. Оборудование рабочего места
3. Схема организации связи
4. Выводы

6.7 Контрольные вопросы:

1. Что такое инфокоммуникационное пространство?
2. Какие элементы формируют инфокоммуникационное пространство?
3. Что является основой инфокоммуникационного пространства?
4. Назовите виды сетей доступа.
5. Какие протоколы определяют беспроводные сети доступа?
6. Что такое Wi-Fi?
7. Основные достоинства и недостатки Wi-Fi.
8. Что такое WiMAX?
9. Основные достоинства и недостатки WiMAX

7. ИЗУЧЕНИЕ СИСТЕМЫ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ С ОБРАТНЫМ КАНАЛОМ

7.1 Цель работы

Изучить устройство, технические характеристики, принцип действия системы позиционирования с обратным каналом TR-102;

Приобрести практические навыки по программированию, и работе устройства TR-102.

7.2 Содержание работы

7.2.1 Изучить принцип действия устройства;

7.2.2 Изучить методику программирования и подготовки устройства к работе;

7.2.3 Ознакомится с основными техническими характеристиками устройства;

7.2.4 Ознакомится с работой устройства и методикой определения местоположения с отображением информации на карте местности.

7.3. Приборы и оборудование

7.3.1 Трекер TR-102;

7.3.2. ПЭВМ;

7.3.3. Принтер;

7.4. Краткие сведения

Идея создания спутниковой навигации родилась ещё в 50-е годы. В тот момент, когда СССР был запущен первый искусственный спутник Земли, американские учёные во главе с Ричардом Кершнером, наблюдали сигнал, исходящий от советского спутника и обнаружили, что благодаря эффекту Доплера частота принимаемого сигнала увеличивается при приближении спутника и уменьшается при его отдалении. Суть открытия заключалась в том, что если Вы точно знаете свои координаты на Земле, то становится возможным измерить положение спутника, и наоборот, точно зная положение спутника, можно определить собственные координаты.

Реализована эта идея была через 20 лет. Первый тестовый спутник выведен на орбиту 14 июля 1974 г. США, а последний из всех 24 спутников, необходимых для полного покрытия земной поверхности, был выведен на орбиту в 1993 г., таким образом Глобальная система позиционирования или сокращённо GPS встала на вооружение. Стало возможным использовать GPS для точного наведения ракет на неподвижные, а затем и на подвижные объекты в воздухе и на земле. Также с помощью системы вмонтированной в спутники стало реально определять мощные ядерные заряды, находящиеся на поверхности планеты.

Первоначально GPS – глобальная система позиционирования, разрабатывалась как чисто военный проект. Но после того, как в 1983 г. был сбит вторгшийся в воздушное пространство Советского Союза самолёт Корейских Авиалиний с 269 пассажирами на борту, президент США Рональд Рейган разрешил частичное использование системы

навигации для гражданских целей. Но точность была уменьшена специальным алгоритмом.

Затем появилась информация о том, что некоторые компании расшифровали алгоритм уменьшения точности и с успехом компенсируют эту составляющую ошибки, и в 2000 г. это загроуление точности было отменено указом президента США.

7.4.1. Спутниковая система навигации

Спутниковая система навигации – комплексная электронно-техническая система, состоящая из совокупности наземного и космического оборудования, предназначенная для определения местоположения (географических координат и высоты), а также параметров движения (скорости и направления движения и т.д.) для наземных, водных и воздушных объектов.

7.4.2 Что такое GPS?

Спутниковая навигационная система GPS была изначально разработана США для использования в военных целях. Другое известное название системы – «NAVSTAR». Ставшее уже нарицательным название «GPS» является сокращением от Global Positioning System, которое переводится, как Глобальная Навигационная Система. Это название полностью характеризует предназначение системы – обеспечение навигации на всей территории Земного шара. Не только на суше, но и на море и в воздухе. Используя навигационные сигналы системы GPS, любой пользователь может определить свое текущее местоположение с высокой точностью.

Такая точность, во многом, стала возможной благодаря шагам Американского правительства, которое в 2000 году сделало систему GPS доступной и открытой для гражданских пользователей. Напомним, что ранее с помощью специального режима избирательного доступа (SA – Selective Availability) в передаваемый сигнал вносились искажения, снижающие точность позиционирования до 70–100 метров. С 1 мая 2000 года, этот режим был отключен и точность повысилась до 3–10 метров.

Фактически, это событие дало мощный импульс для развития бытовой навигационной GPS аппаратуры, снижению ее стоимости, и активной ее популяризации среди обычных пользователей. На текущий момент, GPS приемники разных типов активно применяются во всех областях человеческой деятельности, начиная от обычной навигации, заканчивая персональным контролем и увлекательными играми, типа «Geocaching». По результатам многих исследований, использование навигационных GPS систем дает большой экономический эффект для мировой экономики и экологии – повышается безопасность движения, улучшается дорожная ситуация, уменьшается расход топлива, снижается количество вредных выбросов в атмосферу.

Растущая зависимость европейской экономики от системы GPS, и, как следствие, от администрации США, вынудила Европу начать разработку собственной навигационной системы – Galileo. Новая система во многом похожа на систему GPS.

7.5 Состав системы GPS

7.5.1 Космический сегмент

Космический сегмент системы GPS состоит из орбитальной группировки спутников, излучающих навигационные сигналы. Спутники расположены на 6-и орбитах на высоте около 20000 км. Период обращения спутников составляет 12 часов и скорость около 3 км/с. Таким образом, за сутки, каждый спутник совершает два полных оборота вокруг Земли.

Первый спутник был запущен в феврале 1978 года. Его размер с раскрытыми солнечными батареями равнялся 5 метрам, а вес – более 900 кг. Это был спутник первой модификации GPS-I. За последние 30 лет, на орбите сменилось несколько модификаций GPS спутников: GPS II-A, GPS II-R, GPS IIR-M. В процессе модернизации снижался вес спутников, улучшалась стабильность бортовых часов, повышалась надежность.

GPS спутники передают три навигационных сигнала на двух частотах L1 и L2. «Гражданский» сигнал C/A, передаваемый на частоте L1 (1575.42 МГц), доступен всем пользователям, и обеспечивает точность позиционирования 3–10 метров. Высокоточный «военный» P-код, передается на частотах L1 и L2 (1227.60 МГц) и его точность на порядок выше «гражданского» сигнала. Использование сигнала, передаваемого на двух разных частотах, позволяет также частично компенсировать ионосферные задержки.

В последней модификации спутников «GPS IIR-M» реализован новый «гражданский» сигнал L2C, призванный повысить точность GPS измерений.

Идентификация навигационных сигналов осуществляется по номеру, соответствующему «псевдощумовому коду», уникального для каждого спутника. В технической спецификации GPS системы изначально было заложено 32 кода. На этапе разработки системы и начальном периоде ее эксплуатации, планировалось, что количество рабочих спутников не будет превышать 24-х. Свободные коды выделялись для новых GPS спутников, находящихся на этапе ввода в эксплуатацию. И этого количества было достаточно для нормального функционирования системы. Но в настоящее время, на орбите находится уже 32 спутника, из которых 31 функционирует в рабочем режиме, передавая навигационный сигнал на Землю.

«Избыточность» спутников позволяет обеспечить пользователю вычисление позиции в условиях, где «видимость» неба ограничена высотными зданиями, деревьями или горами.

7.5.2 Наземный сегмент

Наземный сегмент системы GPS состоит из 5-и контрольных станций и главной станции управления, расположенных на военных базах США – на островах Кваджалейн и Гавайях в Тихом океане, на острове Вознесенья, на острове Диего-Гарсия в Индийском океане и в Колорадо-Спрингс, они приведены на рисунке 1. В задачи станций мониторинга входит прием и измерение навигационных сигналов поступающих с GPS спутников, вычисление различного рода ошибок и передача этих данных на станцию

управления. Совместная обработка полученных данных позволяет вычислить отклонение траекторий спутников от заданных орбит, временные сдвиги бортовых часов и ошибки в навигационных сообщениях. Мониторинг состояния GPS спутников происходит практически непрерывно. «Загрузка» навигационных данных, состоящих из прогнозируемых орбит и поправок часов для каждого из спутников, осуществляется каждые 24 часа, в момент, когда он находится в зоне доступа станции управления.

В дополнение к наземным GPS станциям существует несколько частных и государственных сетей слежения, которые выполняют измерения навигационных GPS сигналов для уточнения параметров атмосферы и траекторий движения спутников.

7.5.3 Аппаратура пользователей

Под аппаратурой пользователя подразумевают навигационные приемники, которые используют сигнал со спутников GPS для вычисления текущей позиции, скорости и времени. Пользовательскую аппаратуру можно разделить на «бытовую» и «профессиональную». Во многом это разделение условное, так как иногда достаточно трудно определить, к какой категории следует отнести GPS приемник и какие критерии при этом использовать. Есть целый класс GPS навигаторов, использующихся в пеших походах, автомобильных путешествиях, на рыбалке и т.п. Есть авиационные и морские навигационные системы, которые зачастую входят в состав сложных навигационных комплексов. В последнее время широкое распространение получили GPS чипы, которые интегрируются в КПК, телефоны и другие мобильные устройства.

Поэтому в навигации большее распространение получило деление GPS приемников на «кодовые» и «фазовые». В первом случае, для вычисления позиции используется информация, передаваемая в навигационных сообщениях. К этой категории относится большинство недорогих GPS навигаторов, стоимостью 100–2000 долларов.

Вторая категория навигационных GPS приемников использует не только данные, содержащиеся в навигационных сообщениях, но и фазу несущего сигнала. В большинстве случаев это дорогостоящие одно- и двухчастотные (L1 и L2) геодезические приемники, способные вычислять позицию с относительной точностью в несколько сантиметров и даже миллиметров. Такая точность достигается в RTK режиме, при совместной обработке измерений GPS приемника и данных базовой станции. Стоимость таких устройств может составлять десятки тысяч долларов.

7.6 Работа GPS-навигатора

Основной принцип, лежащий в основе всей системы GPS, прост и давно используется для навигации и ориентирования: если вы точно знаете местоположение какого-либо реперного ориентира и расстояние до него, то можно начертить окружность (в 3-х мерном случае – сферу), на которой должна быть расположена точка вашего положения. На практике, если вышеуказанное расстояние, т.е. радиус, достаточно велик, то можно

заменить дугу окружности отрезком прямой линии. Если провести несколько таких линий, соответствующих разным реперным ориентирам, то точка их пересечения укажет ваше местоположение. В GPS роль таких реперов играют две дюжины спутников, движущихся каждый по своей орбите на высоте ~ 17 000 км над поверхностью Земли. Скорость их движения весьма велика, однако параметры орбиты и их текущее местонахождение с высокой точностью известны бортовым компьютерам. Важной частью любого GPS-навигатора является обычный приемник, работающий на фиксированной частоте и постоянно «прослушивающий» сигналы, передаваемые этими спутниками. Каждый из спутников постоянно излучает радиосигнал, в котором содержатся данные о параметрах его орбиты, состоянии бортового оборудования и о точном времени. Из всей этой информации данные о точном бортовом времени являются наиболее важными: GPS-приемник с помощью встроенного процессора вычисляет промежуток времени между посылкой и получением сигнала, затем умножает его на скорость распространения радиоволн и т.о. узнает расстояние между спутником и приемником.

7.6.1 Нестабильность часов приемника

Из описанного выше принципа видно, что для определения местоположения достаточно поймать сигналы от двух спутников и построить две пересекающиеся прямые. Однако на практике точность такого метода была бы недостаточной из-за наличия ошибки часов приемника. Дело в том, что спутники, находящиеся на орбите, имеют на борту очень точные и, естественно, дорогостоящие атомные часы. Что же касается GPS-приемников, особенно бытовых, то использование таких часов было бы неоправданно в смысле габаритов и стоимости. Это было одной из серьезных проблем, с которыми столкнулись разработчики – ведь неточность хода часов всего в одну тысячную секунды приводила бы к ошибке более 250 км! Для решения этой проблемы и для возможности использования в GPS-приемниках обычных кварцевых часов (аналогичных тем, которые используются в быту) было предложено использовать не два, а три реперных ориентира, т.е. три пересекающиеся прямые. Как же это работает?

Предположим, что часы GPS-радиоприемника немного спешат, т.е. измеренное время прохождения радиоволн будет больше реального. Это означает, что обе рассчитанные линии, и, следовательно, точка их пересечения будут находиться на большем расстоянии от ориентиров (спутников), чем на самом деле. Если же часы отстают, то точка пересечения переместится ближе к спутникам. Возьмем теперь третий ориентир (спутник). Легко видеть, что пересечение трех линий даст нам треугольник, размеры и положение которого могут меняться в зависимости от хода часов. Более того, учитывая, что неточность часов для всех трех сигналов будет практически одинаковой, можно автоматически подобрать такую величину коррекции, которая обеспечит пересечение всех трех линий в одной искомой точке.

7.6.2 Принцип действия GPS

Принцип действия спутниковой GPS навигации основан на определении расстояния от текущего положения до группы спутников. Точное местоположение GPS спутников известно из данных эфемерид и альманаха, передаваемых в навигационных сообщениях. Зная расстояние до трех спутников, можно определить текущее местоположение, как точку пересечение трёх окружностей (рисунок 7.2). Расстояние до спутников определяется простым уравнением

$$R = t \cdot c,$$

где t – время распространения радиосигнала от спутника до наблюдателя, а c – постоянная величина, равная скорости света. Соответственно, зная время, за которое сигнал дошел от спутника до GPS приемника и, умножив ее на скорость света, можно определить расстояние.

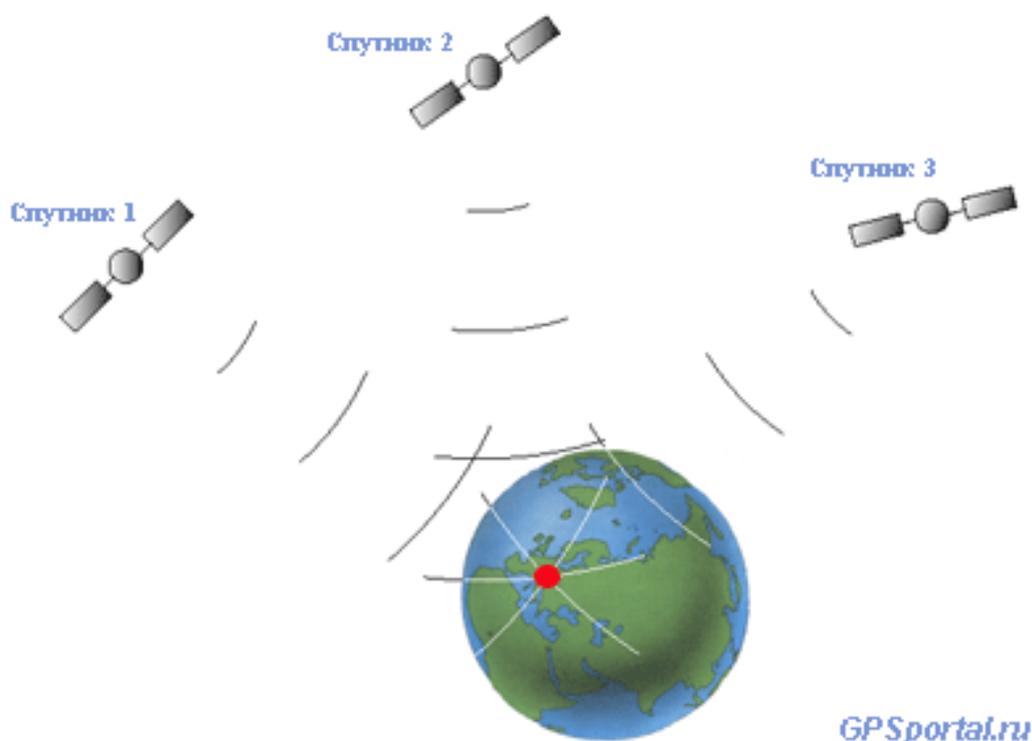


Рисунок 7.1

Чтобы определить момент, в который сигнал был «отправлен» со спутника, навигационное сообщение модулируется «псевдошумовым» PRN-кодом, соответствующим номеру спутника. Аналогичная последовательность генерируется в GPS приемнике в строгой временной синхронизации с кодом спутника. Принятый со спутника код сравнивается с кодом приемника, и определяется «как давно» в приемнике была сгенерирована схожая последовательность. Выявленный таким образом сдвиг одного кода по отношению к другому будет соответствовать времени прохождения сигналом расстояния от спутника до приемника. Преимуществом кодовых посылок является то, что измерения временного сдвига могут быть проведены в любой момент времени.

Стоит отметить, что для точного вычисления расстояния часы GPS приемника и GPS спутника должны быть синхронизированы с высокой точностью. Потому что отличие даже в несколько микросекунд приводят к ошибке в несколько десятков километров, а это в свою очередь вносит погрешность в вычисление позиции.

Но если на GPS спутниках установлены атомные часы, имеющие очень высокую точность и стоимость которых составляет несколько сотен тысяч долларов, то в обычных GPS навигаторах использование таких дорогих источников частоты просто невозможно. В GPS навигаторах используются недорогие кварцевые генераторы, которые имеют существенно меньшую точность. Поэтому для вычисления «уходов» кварца при решении навигационной задачи используются измерения 4-го спутника. Фактически, получается задача с 4-мя неизвестными – координатами X , Y , Z и временем T . Именно по этой причине измеренное расстояние до спутников называют «псевдодальностью», подразумевая, что оно содержит ошибку связанную с неточностью часов. В настоящее время, многоканальные GPS навигаторы одновременно отслеживают до 8–10 спутников, что позволяет быстро решить большинство неоднозначностей.

Информацию о местоположении спутников GPS приемники получают из передаваемых в навигационных сообщениях данных альманаха и эфемерид. Альманах содержит информацию о расположении спутников «на небе», что позволяет при очередном включении GPS прибора значительно сузить секторы поиска навигационного сигнала и уменьшить время его «захвата». Точные координаты спутников вычисляются на основании данных эфемерид. В отличие от альманаха, спутник передает только данные «своих» эфемерид, поэтому для его использования в подсчете позиции, GPS приемник должен получить полное навигационное сообщение. Ошибки передачи, связанные с «плохими» окружающими условиями, могут существенно увеличить время фиксации позиции. Наличие в памяти данных альманаха и эфемерид позволяет GPS приемнику определять позицию за 1–2 секунды. Этот режим называется «горячим» стартом.

Геометрический фактор определяет относительное расположение GPS приемника и спутников, используемых в подсчете позиции. Его величина влияет на точность определения позиции. Если все спутники расположены в одном направлении от GPS приемника, то площадь пересечения всех окружностей будет достаточно большой. Эта площадь характеризует величину неопределенности измерений, влияющих на точность подсчета и позиции (рисунок 7.3).

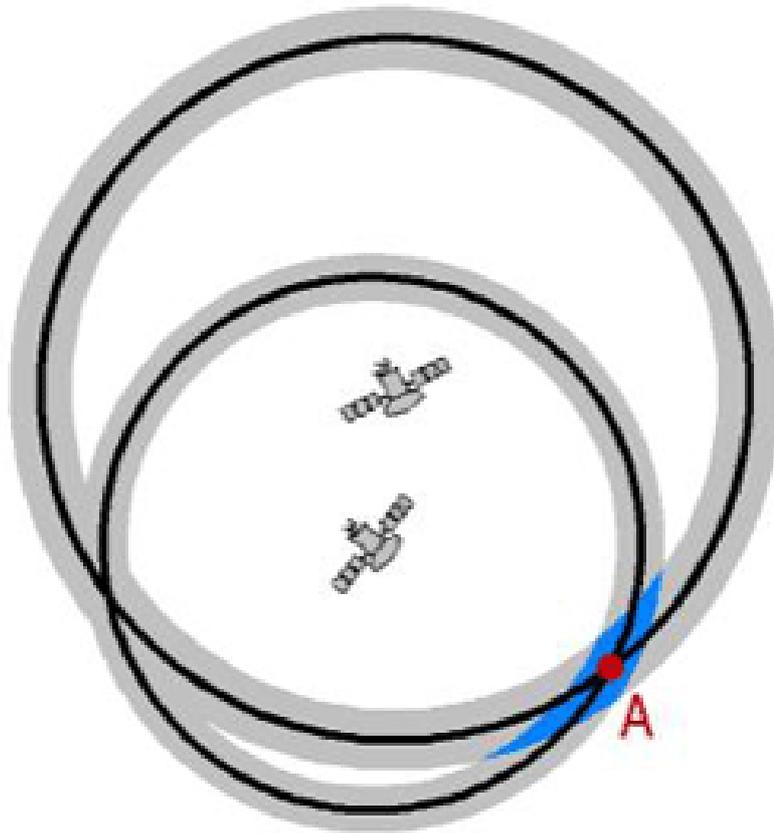


Рисунок 7.2

В случае, когда спутники расположены «вокруг» GPS приемника, область пересечений окружностей и соответственно величина неопределённостей уменьшаются (рисунок 7.4).

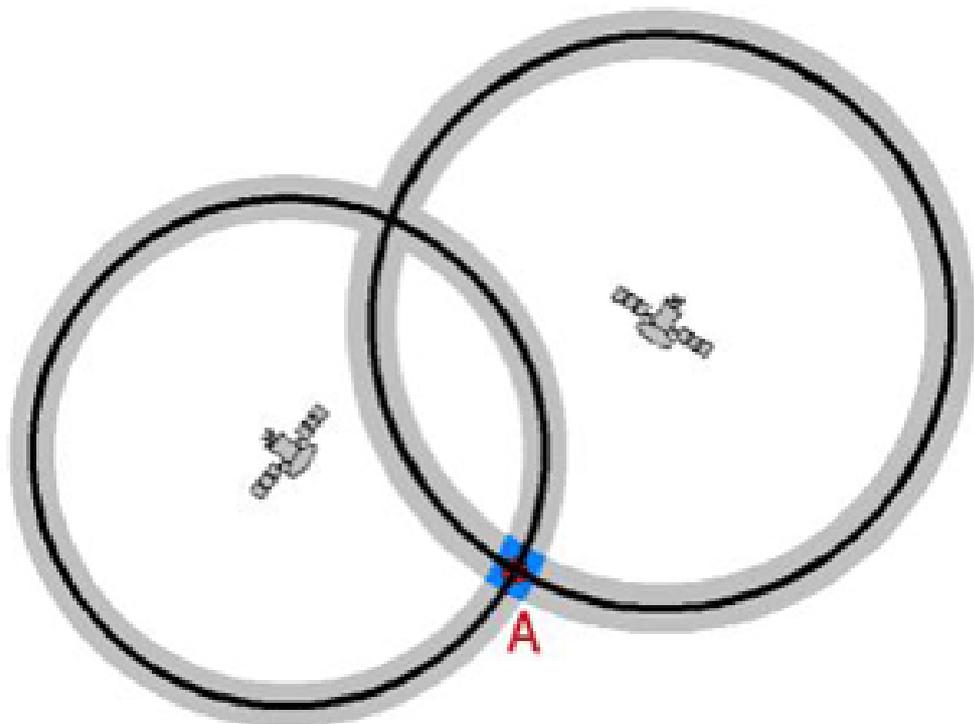


Рисунок 7.3

7.6.3 Точность системы

Учитывая вышесказанное, мы видим, что для устранения нестабильности хода часов приемника и определения точного местоположения в двумерном пространстве (т.е. по широте и долготе) нам необходимо получить сигналы минимум от 3-х спутников. К счастью, сегодня количество GPS-спутников достаточно велико даже для того, чтобы в любой точке земного шара определить не только двумерные, но и трехмерные координаты – широту, долготу и высоту над уровнем моря. Для этого нужно получать сигналы минимум от 4-х спутников. При этом, чем больше спутников «видит» Ваш GPS – приемник, тем точнее он может определить координаты местоположения – вплоть до максимального предела, определяемого точностью системы. Из этого, в частности, следует, что точность работы GPS-навигатора снижается, если сигналы от некоторых спутников экранируются местными предметами (рельефом местности, деревьями с плотной кроной, высокими зданиями и т.п.).

Как известно, спутниковая GPS-система оплачивается и находится под контролем Департамента обороны США, который зарезервировал предельную точность исключительно для своих военных целей. Для этого передаваемый спутниками сигнал кодируется с помощью специального P-кода, который может быть декодирован только военными GPS-приемниками. В дополнение к этому, в сигналы времени от спутниковых атомных часов добавляется случайная ошибка, которая искажает полученные значения координат. В результате точность гражданских GPS-приемников ухудшается более чем в 10 раз по сравнению с военными и составляет около 50–150 м.

В действительности, на практике все выглядит несколько сложнее, чем в теории. Это объясняется влиянием на GPS измерения различного рода ошибок. Можно выделить три категории ошибок (рисунок 7.5):

- Ошибки системы.

- Ошибки связаны с распространением навигационного сигнала.

- Ошибки приемной аппаратуры.



Рисунок 7.4

Ошибки системы связаны точностью атомных часов спутников и соответствием реальной траектории спутников заданной орбите. Несмотря на то, что в каждом GPS спутнике используются высокоточные атомные часы, они тоже могут содержать ошибки и отклоняться от истинного значения системного эталона времени. Отклонение в 30 нс ведет к ошибке определения расстояния в 10 метров. Поэтому, все отклонения бортовых часов отслеживаются и их значения передаются в составе навигационных сообщений и учитываются GPS приемником в вычислениях позиции.

Второй тип системных ошибок связан с неточностью передаваемых эфемерид. В математической модели учитываются множество факторов, влияющих на изменение траектории орбит GPS спутников, но небольшие ошибки все равно присутствуют.

Наиболее существенный вклад в навигационные измерения вносят ошибки, связанные с распространением сигнала атмосфере Земли, а именно в ионосферных и тропосферных ее слоях. Ионосфера Земли представляет собой слой заряженных частиц на высоте от 120 до 200 км. Эти частицы снижают скорость распространения сигнала, и, следовательно, увеличивают его время. Соответственно вносится ошибка в оценку расстояния от GPS приемника до спутника. Эти задержки могут быть смоделированы для разного времени суток, усреднены и внесены в измерения, но, к сожалению, эти модели не могут точно отобразить реальную ситуацию. После прохождения ионосферного слоя, навигационный сигнал попадает в тропосферный слой, в котором происходят все погодные явления и присутствуют водяные пары, также влияющее на скорость распространения сигнала. Для борьбы с ионосферными задержками используют дифференциальный метод определения позиции. Корректирующие поправки передаются с помощью геостационарных спутников WAAS/EGNOS и позволяют повысить точность позиционирования до 1 метра.

Ошибки многолучевости можно одновременно отнести и к категории ошибок, связанных с распространением навигационного GPS сигнала, и к ошибкам GPS приемника. Ошибка многолучевости связана с переотражением навигационного сигнала от близкорасположенных объектов – зданий, металлических конструкций, деревьев и т.п. (рисунок 6). В результате этого эффекта время распространения отраженного сигнала превышает время «прямого» сигнала. Если уровень переотраженного сигнала выше уровня «прямого» сигнала, то происходит ошибочный «захват», и в результате, вносится ошибка в вычисления расстояния до спутника.

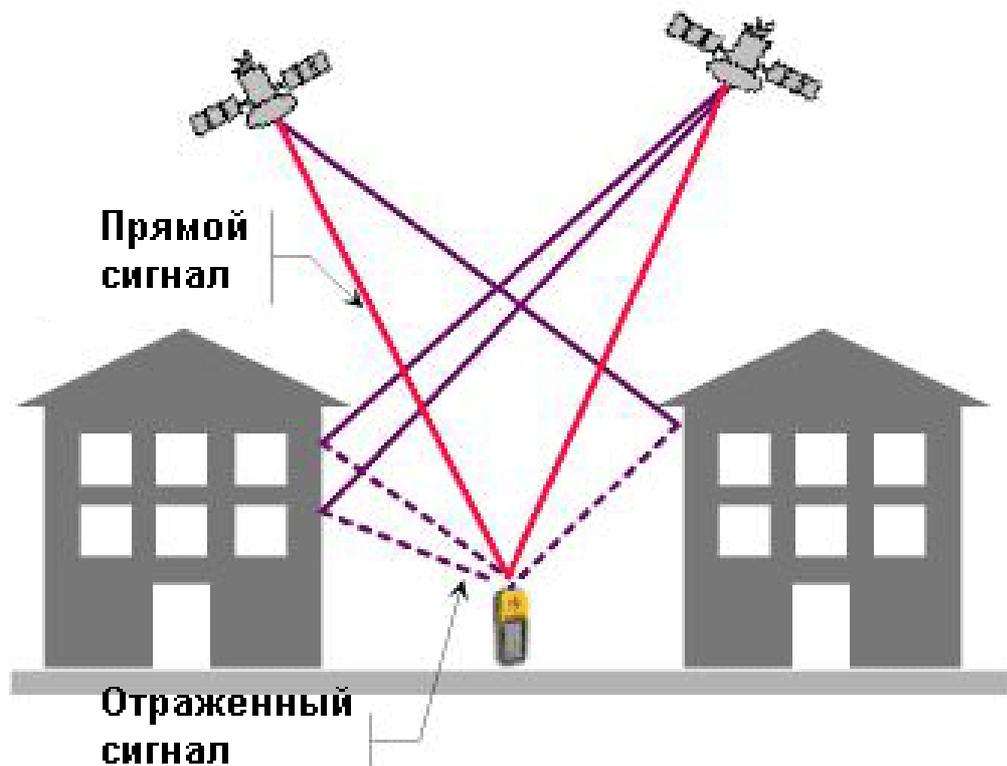


Рисунок 7.5

7.6.4 Дифференциальная GPS

Для того, чтобы в ряде случаев можно было «обойти» ограничения, наложенные Департаментом обороны США, некоторые специальные службы (например, береговая охрана США) установили сеть фиксированных т.н. «дифференциальных» радио-бурев. Каждый из них постоянно регистрирует сигналы GPS-спутников и сравнивает рассчитанные координаты со своим известным постоянным местоположением. Вычисленная таким образом ошибка передается радио-бурев на фиксированной частоте (обычно в 2-х метровом диапазоне) в виде специального сигнала. Если этот сигнал поймать с помощью дополнительного т.н. «дифференциального» приемника, подключенного к GPS-навигатору, то последний может внести соответствующую поправку и определить координаты с точностью около 1 метра. В последнее время такие службы получают все

большее распространение в западных странах, однако их услуги часто бывают платными.

7.7 Современное состояние

В настоящее время работают или готовятся к развёртыванию следующие системы спутниковой навигации:

NAVSTAR (GPS)

Принадлежит министерству обороны США, что считается другими государствами её главным недостатком. Более известна под названием **GPS**. Единственная полностью работающая спутниковая навигационная система.

ГЛОНАСС

Глобальная навигационная спутниковая система (ГЛОНАСС) – советская и российская спутниковая система навигации, разработанная по заказу Министерства обороны СССР.

Принадлежит министерству обороны России. Является попыткой восстановить функционировавшую с 1982 года советскую систему. Находится на этапе повторного развёртывания спутниковой группировки (оптимальное состояние орбитальной группировки спутников, запущенных в СССР, было в 1993–1995 гг.). Современная система, по заявлениям разработчиков наземного оборудования, будет обладать некоторыми техническими преимуществами по сравнению с NAVSTAR. Однако в настоящее время эти утверждения проверить невозможно ввиду недостаточности спутниковой группировки и отсутствия доступного клиентского оборудования.

Основой системы должны являться 24 спутника, движущихся над поверхностью Земли в трёх орбитальных плоскостях с наклоном $64,8^\circ$ и высотой 19100 км. Принцип измерения аналогичен американской системе навигации NAVSTAR.

Бэйдоу

Развёртываемая в настоящее время Китаем подсистема GNSS, предназначенная для использования только в этой стране. Особенность – небольшое количество спутников, находящихся на геостационарной орбите.

Galileo

Европейская система, находящаяся на этапе создания спутниковой группировки.

IRNSS

Индийская навигационная спутниковая система, в состоянии разработки. Предполагается для использования только в этой стране. Запуск первого спутника ожидается в 2009 году.

7.7.1 Создание карт для навигационных систем

Компания Navteq Corporation была образована в 1985 году и уже через девять лет начала поставлять свой софт для «заводских» навигационных систем – первым потребителем стала компания BMW. Сейчас продукцию Navteq покупают, например, для «конвейерной» установки на автомобили Chrysler и Mercedes, ею пользуются интернет-

ресурсы (в частности, Google Maps), а самым известным производителем переносных PND-устройств (Personal Navigation Device) с картами Navteq является американская фирма Garmin. Сейчас карты Navteq покрывают 74 страны мира, а с февраля 2006 года в этот список входит и Россия: российское представительство компании сотрудничает с семнадцатью автопроизводителями, среди которых Peugeot, Opel и Mitsubishi, и в 2009 году к ним должен добавиться еще десяток фирм.

Процесс создания электронной карты для навигационного устройства включает в себя несколько этапов. Сначала у геодезистов покупают картоснову – подробную карту местности с обозначением населенных пунктов и отображением автомобильных дорог. Затем начинается процесс ее адаптации к автомобильным нуждам: специально экипированная бригада отправляется на визуальное изучение местности. В автомобиле находятся водитель и геоаналитик с арсеналом высокоточного «оружия». Главную роль играет GPS-приемник, осуществляющий привязку к местности. С ним синхронизируется камера-регистратор, которая раз в секунду отправляет в память ноутбука привязанное к абсолютным координатам изображение. Причем для более точного описания маршрута оператор с помощью игрового джойстика «вешает» на «картинку» стандартные значки-атрибуты, обозначающие класс дороги, тип покрытия, разрешенную скорость, номера домов, пешеходные переходы и т.д. Помимо этого, оператор оставляет звуковые комментарии и делает рукописные пометки с помощью графического планшета и «карандаша». Программу для создания навигационной карты можно увидеть на рисунке 7.

За один рабочий день экипажу удается «прорисовать» от 70 до 100 км городских дорог или около 300 км пригородных трасс, причем фактический пробег получается куда большим: геоаналитику надо зафиксировать все проезжие участки, а широкие проспекты и бульвары приходится проезжать в обоих направлениях. В итоге накапливается огромный массив данных, которые потом обрабатываются в аналитическом центре. Повторное «сканирование» местности проводится по мере появления новых дорог, а старые объезжаются приблизительно раз в год, но заказчики получают обновленные версии карт ежеквартально: исправление ошибок производится главным образом по сигналам пользователей. Но до них обновленные релизы доходят как минимум через два-три месяца после анонса.

Почему? Во-первых, нужно адаптировать карту под «железо» и фирменные стандарты подачи информации: цветовую схему, звуковое сопровождение и т.д. Во-вторых, между самим продуктом и его потребителем есть немало посредников, претендующих на свой кусок пирога. Иной раз диски с «фирменной» картографией для штатных навигационных систем появляются с задержкой до восьми месяцев! Неудивительно, что на фоне такой нерасторопности процветает пиратство – ворованные копии карт зачастую появляются в продаже раньше лицензионных продуктов. По состоянию на декабрь 2008 года «российские» карты Navteq покрывают дорожную сеть пятнадцати городов-миллионеров и шести областей. Всего – 281 тыс. км дорог. В начале года должна быть готова детальная карта Москвы, в которой будут прописаны не только подъездные дороги ко всем домам и корпусам, но и подробные схемы проезда «хитрых» развязок – например, повороты налево через правый «карман». Выход аналогичной карты Санкт-Петербурга планируется в первом квартале. Но в России компания Navteq сейчас в роли догоняющего – у основных конкурентов зона покрытия куда больше. Например, карты

компании Навиком покрывают 412 городов с возможностью адресного поиска и 2,8 млн км дорог включая грунтовки. Аналогичные показатели у компании Навител – 231 город и 598 тыс. км, а у компании Tele Atlas – 50 городов и 875 тыс. км. Еще одна характеристика – количество объектов инфраструктуры, к которым относятся рестораны, автозаправки, гостиницы и т.д. На российской карте Navteq их отмечено 47 тысяч, в то время как карта одного Нью-Йорка содержит 60 тысяч «интересных точек». Словом, поле для деятельности – широчайшее.

7.8 Системы спутниковой навигации ГЛОНАСС и GPS

Система Глонасс предназначена для глобальной оперативной навигации приземных подвижных объектов. СРНСС разработана по заказу Министерства Обороны. По своей структуре Глонасс так же, как и GPS, считается системой двойного действия, то есть может использоваться как в военных, так и в гражданских целях.

Система в целом включает в себя три функциональные части (в профессиональной литературе эти части называются сегментами).

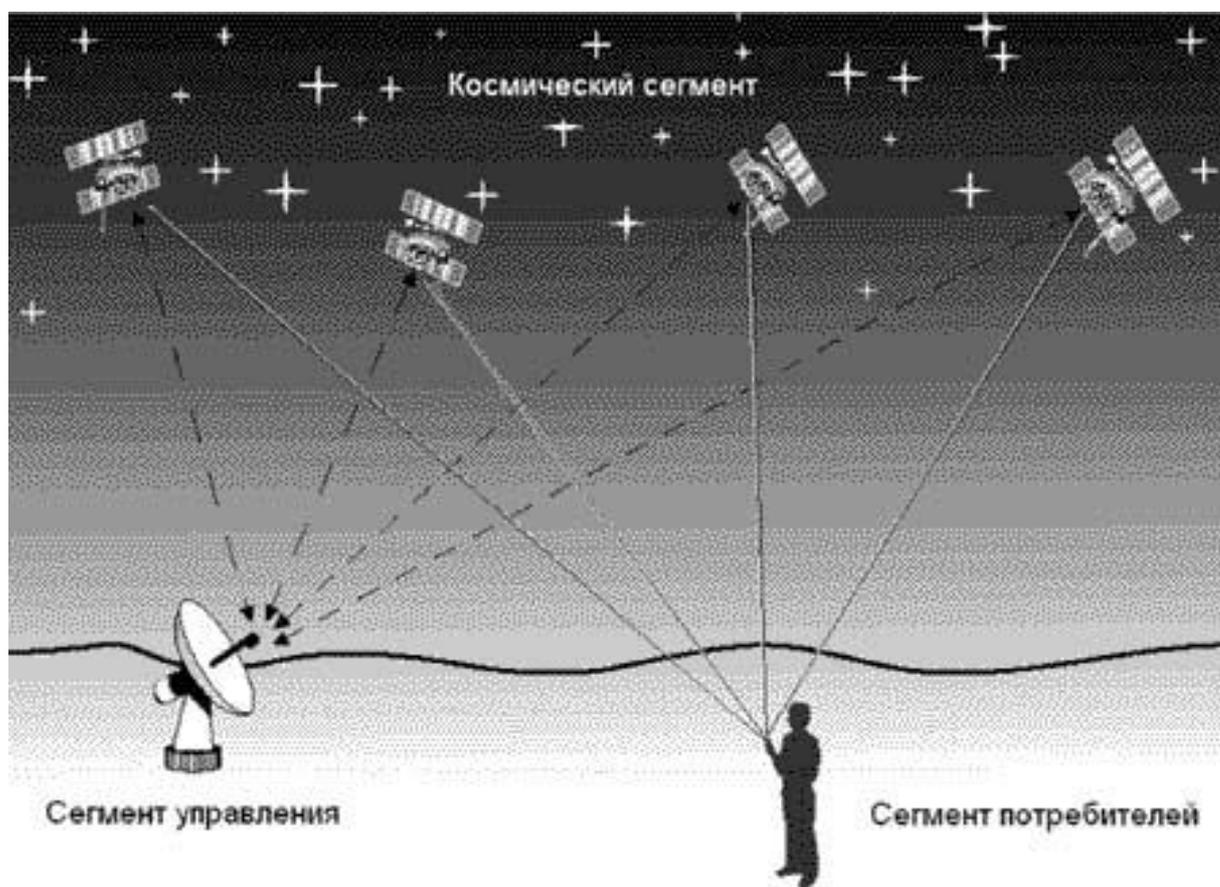


Рисунок 7.6

космический сегмент, в который входит орбитальная группировка искусственных спутников Земли (иными словами, навигационных космических аппаратов);

сегмент управления, наземный комплекс управления (НКУ) орбитальной группировкой космических аппаратов; аппаратура пользователей системы.

Из этих трёх частей последняя, аппаратура пользователей, самая многочисленная. Система Глонасс является беззапросной, поэтому количество потребителей системы не имеет значения. Помимо основной функции – навигационных определений, – система позволяет производить высокоточную взаимную синхронизацию стандартов частоты и времени на удалённых наземных объектах и взаимную геодезическую привязку. Кроме того, с её помощью можно производить определение ориентации объекта на основе измерений, производимых от четырёх приёмников сигналов навигационных спутников.

В системе Глонасс в качестве радионавигационной опорной станции используются навигационные космические аппараты (НКА), вращающиеся по круговой геостационарной орбите на высоте ~ 19100 км. Период обращения спутника вокруг Земли равен, в среднем, 11 часов 45 минут. Время эксплуатации спутника – 5 лет, за это время параметры его орбиты не должны отличаться от номинальных значений больше чем на 5%. Сам спутник представляет собой герметический контейнер диаметром 1,35 м и длиной 7,84 м, внутри которого размещается различного рода аппаратура. Питание всех систем производится от солнечных батарей. Общая масса спутника – 1415 кг. В состав бортовой аппаратуры входят: бортовой навигационный передатчик, хронизатор (часы), бортовой управляющий комплекс, система ориентации и стабилизации и так далее.

Подсистема космических аппаратов ГЛОНАСС



Подсистема космических аппаратов GPS



Рисунок 7.7

Сегмент наземного комплекса управления системы ГЛОНАСС выполняет следующие функции:

- эфемеридное и частотно-временное обеспечение;
- мониторинг радионавигационного поля;
- радиотелеметрический мониторинг НКА;
- командное и программное радиоуправление НКА.

Для синхронизации шкал времени различных спутников с необходимой точностью на борту НКА используются цезиевые стандарты частоты с относительной нестабильностью порядка 10–13. На наземном комплексе управления используется водород-

ный стандарт с относительной нестабильностью 10–14. Кроме того, в состав НКУ входят средства коррекции шкал времени спутников относительно эталонной шкалы с погрешность 3–5 нс.

Наземный сегмент обеспечивает эфемеридное обеспечение спутников. Это означает, что на земле определяются параметры движения спутников и прогнозируются значения этих параметров на заранее определённый промежуток времени. Параметры и их прогноз закладываются в навигационное сообщение, передаваемое спутником наряду с передачей навигационного сигнала. Сюда же входят частотно-временные поправки бортовой шкалы времени спутника относительно системного времени. Измерение и прогноз параметров движения НКА производятся в Баллистическом центре системы по результатам траекторных измерений дальности до спутника и его радиальной скорости.

Американская система GPS по своим функциональным возможностям аналогична отечественной системе Глонасс. Её основное назначение – высокоточное определение координат потребителя, составляющих вектора скорости, и привязка к системной шкале времени. Аналогично отечественной, система GPS разработана для Министерства Обороны США и находится под его управлением. Согласно интерфейсному контрольному документу, основными разработчиками системы являются:

по космическому сегменту – Rockwell International Space Division, Martin Marietta Astro Space Division;

по сегменту управления – IBM, Federal System Company;

по сегменту потребителей – Rockwell International, Collins Avionics & Communication Division.

Как и система Глонасс, GPS состоит из космического сегмента, наземного командно-измерительного комплекса и сегмента потребителей.

Как было сказано выше, орбитальная группировка GPS состоит из 28 навигационных космических аппаратов. Все они находятся на круговых орбитах с периодом обращения вокруг Земли, равным 12 часам. Высота орбиты каждого спутника равна ~ 20000 км. НКА системы GPS проходили ряд усовершенствований, которые сказывались на их характеристиках в целом. В таблице 1,2 приведены краткие характеристики космических аппаратов, используемых в системе.

Таблица 1 – характеристики космических аппаратов, используемых в системе GPS

Тип НКА	Масса на орбите	Мощность энергоисточников, Вт	Расчётный срок активного существования	Год запуска первого НКА
Блок-I	525	440	-	1978
Блок-II	844	710	5	1989
Блок-III	1094	1250	7,5	1997
Блок-IV	-	-	14–15	2001–2002

Таблица 2 – сравнительные характеристики систем ГЛОНАСС и GPS

Показатель	ГЛОНАСС	GPS
Число КА в полной орбитальной группировке	24	24
Число орбитальных плоскостей	3	6
Число КА в каждой плоскости	8	4
Наклонение орбиты	64,8°	55°
Высота орбиты, км	19 130	20 180
Период обращения спутника	11 ч. 15 мин. 44 с	11 ч. 58 мин. 00 с
Система координат	ПЗ-90	WGS-84
Масса навигационного КА, кг	1450	1055
Мощность солнечных батарей, Вт	1250	450
Срок активного существования, лет	3	7,5
Средства вывода КА на орбиту	«Протон-К/ДМ»	Delta 2
Число КА, выводимых за один запуск	3	1
Космодром	Байконур (Казахстан)	Мыс Канаверел (США)
Эталонное время	UTC (SU)	UTC (NO)
Метод доступа	FDMA	CDMA
Несущая частота: L1 L2	1598,0625–1604,25 7/9 L1	1575,42 60/77 L1
Поляризация	Правосторонняя	Правосторонняя

Тип псевдошумовой последовательности	m-последовательность	код Голда
Число элементов кода: С/А Р	511 51 1000	1023 2,35x1014
Скорость кодирования, Мбит/с: С/А Р	0,511 5,11	1,023 10,23
Уровень внутрисистемных радиопомех, дБ	-48	-21,6
Структура навигационного сообщения		
Скорость передачи, бит/с	50	50
Вид модуляции	BPSK (Манчестер)	BPSK NRZ
Длина суперкадра, мин.	2,5 (5 кадров)	12,5 (25 кадров)
Длина кадра, с	30 (15 строк)	30 (5 строк)
Длина строки, с	2	6

При проектировании системы в целом и НКА в частности, большое внимание уделяется вопросам автономного функционирования. Так, космические аппараты первого поколения (Блок-I) обеспечивали нормальную работу системы (имеется в виду, без существенных ошибок определения координат) без вмешательства сегмента управления в течение 3–4 дней. В аппаратах Блок-II этот срок был увеличен до 14 дней. В новой модификации НКА Блок-III позволяет автономно работать в течение 180 дней без корректировки параметров орбиты с земли, пользуясь лишь автономным комплексом взаимной синхронизации спутников. Аппараты Блок-III предполагается использовать взамен отработавших Блок-III.

Состав и структура навигационных сообщений спутников системы Глонасс

Навигационное сообщение формируется в виде непрерывно следующих строк, каждая длительностью 2 с. В первой части строки (интервал 1,7 с) передаются навигационные данные, а во второй (0,3 с) – Метка Времени. Она представляет собой укороченную псевдослучайную последовательность, состоящую из 30 символов с тактовой частотой 100 бит/с.

Навигационные сообщения спутников системы Глонасс необходимы потребителям для навигационных определений и планирования сеансов связи со спутниками. По своему содержанию навигационные сообщения делятся на оперативную и неоперативную информацию.

Оперативная информация относится к спутнику, из сигнала которого она была получена. К оперативной информации относят:

оцифровку меток времени;

сдвиг шкалы времени спутника относительно шкалы системы;

относительное отличие несущей частоты спутника от номинального значения;

эфемеридная информация.

Время привязки эфемеридной информации и частотно-временные поправки, имеющие получасовую кратность от начала суток, позволяют точно определять географические координаты и скорость движения спутника.

Неоперативная информация содержит альманах, включающий:

данные о состоянии всех спутников системы;

сдвиг шкалы времени спутника относительно шкалы системы;

параметры орбит всех спутников системы;

поправку к шкале времени системы Глонасс.

Выбор оптимального «созвездия» КА и прогноза доплеровского сдвига несущей частоты обеспечивается за счёт анализа альманаха системы.

Навигационные сообщения спутников системы Глонасс структурированы в виде суперкадров длительностью 2,5 мин. Суперкадр состоит из пяти кадров длительностью 30 с. Каждый кадр содержит 15 строк длительностью 2 с. Из 2 с длительности строки последние 0,3 с занимает метка времени. Остальная часть строки содержит 85 символов цифровой информации, передаваемых с частотой 50 Гц.

В составе каждого кадра передаётся полный объём оперативной информации и часть альманаха системы. Полный альманах содержится во всём суперкадре. При этом информация суперкадра, содержащаяся в строках 1–4, относится к тому спутнику, с которого она поступает (оперативная часть), и не меняется в пределах суперкадра.

Каждый спутник использует свойственные только ему дальномерные коды C/A и P(Y), что и позволяет разделять спутниковые сигналы. В процессе формирования точного дальномерного P(Y) кода одновременно формируются метки времени спутникового сигнала.

Состав и структура навигационных сообщений спутников системы GPS

Структурное деление навигационной информации спутников системы GPS осуществляется на суперкадры, кадры, подкадры и слова. Суперкадр образуется из 25 кадров и занимает 750 с (12,5 мин). Один кадр передаётся в течение 30 с и имеет размер 1500 бит. Кадр разделён на 5 подкадров по 300 бит и передаётся в течение интервала 6 с. Начало каждого подкадра обозначает метку времени, соответствующую началу / окончанию очередного 6-с интервала системного времени GPS. Подкадр состоит из 10 30-бит слов. В каждом слове 6 младших разрядов являются проверочными битами. В 1-, 2- и 3-м подкадрах передаются данные о параметрах коррекции часов и данные эфемерид КА, с которым установлена связь. Содержание и структура этих подкадров остаются неизменными на всех страницах суперкадра. В 4- и 5-м подкадрах содержится информация о конфигурации и состоянии всех КА системы, альманахи КА, специальные сообщения, параметры, описывающие связь времени GPS с UTC, и прочее.

Алгоритмы приема и измерения параметров спутниковых радионавигационных сигналов

К сегменту потребителей систем GPS и ГЛОНАСС относятся приёмники сигналов спутников. По измерениям параметров этих сигналов решается навигационная задача. Приёмник можно разделить на три функциональные части:

- радиочастотную часть;
- цифровой коррелятор;
- процессор.

С выхода антенно-фидерного устройства (антенны) сигнал поступает на радиочастотную часть (рисунок 7.11). Основная задача этой части заключается в усилении входного сигнала, фильтрации, преобразовании частоты и аналого-цифровом преобразовании. Помимо этого, с радиочастотной части приёмника поступает тактовая частота для цифровой части приёмника. С выхода радиочастотной части цифровые отсчёты входного сигнала поступают на вход цифрового коррелятора.

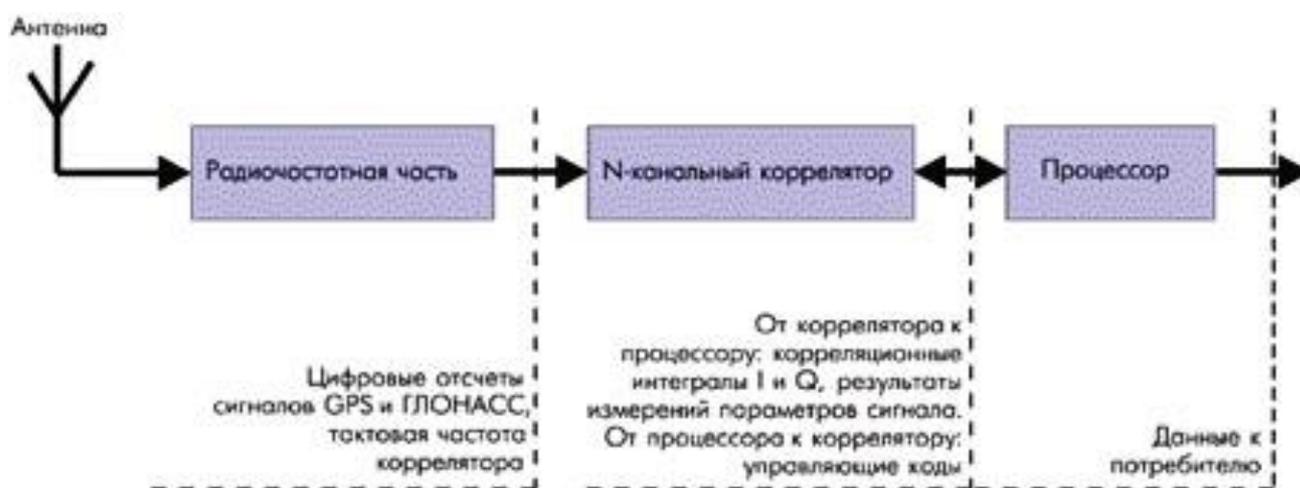


Рисунок 7.8

В корреляторе спектр сигнала переносится на «нулевую» частоту. Это производится путём перемножения входного сигнала коррелятора с опорным гармоническим колебанием в синфазном и квадратурном каналах. Далее результат перемножения проходит корреляционную обработку путём перемножения с опорным дальномерным кодом и накоплением на периоде дальномерного кода. В итоге получаем корреляционные интегралы I и Q. Отсчёты корреляционных интегралов поступают в процессор для дальнейшей обработки и замыкания петель ФАП (фазовая автоподстройка) и ССЗ (схема слежения за задержкой). Измерения параметров сигнала в приёмнике производятся не непосредственно по входному сигналу, а по его точной копии, формируемой системами ФАП и ССЗ. Корреляционные интегралы I и Q позволяют оценить степень «похожести» (коррелированности) опорного и входного сигналов. Задача коррелятора, помимо формирования интегралов I и Q, – формировать опорный сигнал, согласно с управляющими воздействиями (кодами управления), поступающими с процессора. Кроме того, в некоторых приёмниках коррелятор формирует необходимые измерения опорных сигналов и передаёт их в процессор для дальнейшей обработки. В то же время, так как опорные сигналы в корреляторе формируются по управляющим кодам, поступающим с процес-

сора, то необходимые измерения опорных сигналов можно производить непосредственно в процессоре, обрабатывая соответствующим образом управляющие коды, что и делается во многих современных приёмниках.

Дальность при радиотехнических измерениях характеризуется временем распространения сигнала от объекта измерения до измерительного пункта. В навигационных системах GPS/ГЛОНАСС излучение сигналов синхронизировано со шкалой времени системы, точнее, со шкалой времени спутника, излучающего данный сигнал. В то же время, потребитель имеет информацию о расхождении шкалы времени спутника и системы. Цифровая информация, передаваемая со спутника, позволяет установить момент излучения некоторого фрагмента сигнала (метки времени) спутником в системном времени. Момент приёма этого фрагмента определяется по шкале времени приёмника. Шкала времени приёмника (потребителя) формируется с помощью кварцевых стандартов частоты, поэтому наблюдается постоянный «уход» шкалы времени приёмника относительно шкалы времени системы. Разность между моментом приёма фрагмента сигнала, отсчитанным по шкале времени приёмника, и моментом излучения его спутником, отсчитанным по шкале спутника, умноженная на скорость света, называется псевдодальностью. Почему псевдодальностью? Потому что она отличается от истинной дальности на величину, равную произведению скорости света на «уход» шкалы времени приёмника относительно шкалы времени системы. При решении навигационной задачи этот параметр определяется наравне с координатами потребителя (приёмника).

Корреляционные интегралы, формируемые в корреляторе, позволяют отследить модуляцию сигнала спутника символами информации и вычислить метку времени во входном сигнале. Метки времени следуют с периодичностью 6 с для GPS и 2 с для ГЛОНАСС и образуют своеобразную $6(2)$ – секундную шкалу. В пределах одного деления этой шкалы периоды дальномерного кода образуют 1-мс шкалу. Одна миллисекунда разделена, в свою очередь, на отдельные элементы (chips, в терминологии GPS): для GPS – 1023, для ГЛОНАСС – 511. Таким образом, элементы дальномерного кода позволяют определить дальность до спутника с погрешностью ~ 300 м. Для более точного определения необходимо знать фазу генератора дальномерного кода. Схемы построения опорных генераторов коррелятора позволяют определять его фазу с точностью до 0,01 периода, что составляет точность определения псевдодальности 3 м.

На основании измерений параметров опорного гармонического колебания, формируемого системой ФАП, определяют частоту и фазу несущего колебания спутника. Его уход относительно номинального значения даст доплеровское смещение частоты, по которому оценивается скорость потребителя относительно спутника. Кроме того, фазовые измерения несущей позволяют уточнить дальность до спутника с погрешностью в несколько мм.

Определение координат потребителя

Для определения координат потребителя необходимо знать координаты спутников (не менее 4) и дальность от потребителя до каждого видимого спутника. Для того чтобы потребитель мог определить координаты спутников, излучаемые ими навигационные сигналы моделируются сообщениями о параметрах их движения. В аппаратуре потребителя происходит выделение этих сообщений и определение координат спутников на нужный момент времени.

Координаты и составляющие вектора скорости меняются очень быстро, поэтому сообщения о параметрах движения спутников содержат сведения не об их координатах и составляющих вектора скорости, а информацию о параметрах некоторой модели, аппроксимирующей траекторию движения КА на достаточно большом интервале времени (около 30 минут). Параметры аппроксимирующей модели меняются достаточно медленно, и их можно считать постоянными на интервале аппроксимации.

Параметры аппроксимирующей модели входят в состав навигационных сообщений спутников. В системе GPS используется Кеплеровская модель движения с оскулирующими элементами. В этом случае траектория полёта КА разбивается на участки аппроксимации длительностью в один час. В центре каждого участка задаётся узловым момент времени, значение которого сообщается потребителю навигационной информации. Помимо этого, потребителю сообщают параметры модели оскулирующих элементов на узловом момент времени, а также параметры функций, аппроксимирующих изменения параметров модели оскулирующих элементов во времени как предшествующем узловому элементу, так и следующем за ним.

В аппаратуре потребителя выделяется интервал времени между моментом времени, на который нужно определить положение спутника, и узловым моментом. Затем с помощью аппроксимирующих функций и их параметров, выделенных из навигационного сообщения, вычисляются значения параметров модели оскулирующих элементов на нужный момент времени. На последнем этапе с помощью обычных формул кеплеровской модели определяют координаты и составляющие вектора скорости спутника.

В системе Глонасс для определения точного положения спутника используются дифференциальные модели движения. В этих моделях координаты и составляющие вектора скорости спутника определяются численным интегрированием дифференциальных уравнений движения КА, учитывающих конечное число сил, действующих на КА. Начальные условия интегрирования задаются на узловом момент времени, располагающийся посередине интервала аппроксимации.

Как было сказано выше, для определения координат потребителя необходимо знать координаты спутников (не менее 4) и дальность от потребителя до каждого видимого спутника, которая определяется в навигационном приёмнике с точностью около 1 м. Для удобства рассмотрим простейший «плоский» случай, представленный на рисунке 7.9.

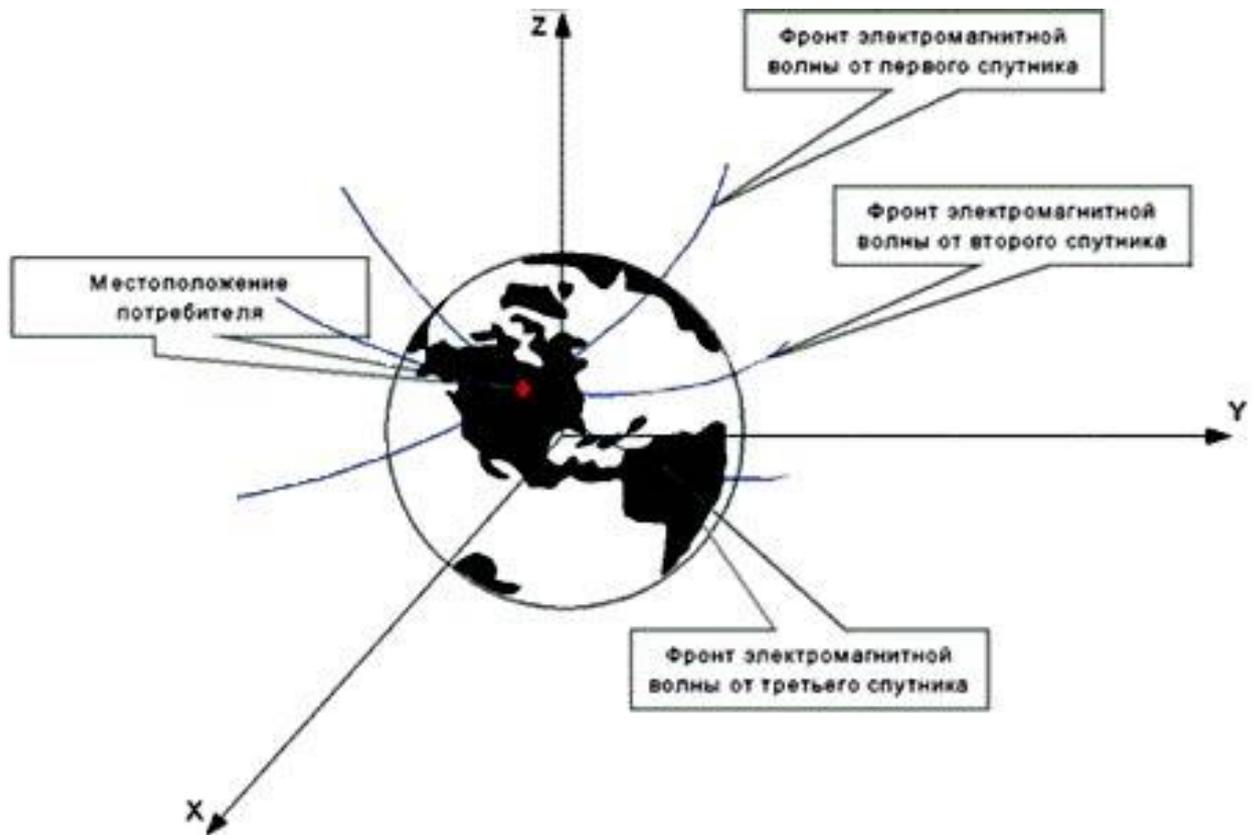


Рисунок 7.9

Каждый спутник можно представить в виде точечного излучателя. В этом случае фронт электромагнитной волны будет сферическим. Точкой пересечения двух сфер будет та, в которой находится потребитель.

Высота орбит спутников составляет порядок 20000 км. Следовательно, вторую точку пересечения окружностей можно отбросить из-за априорных сведений, так как она находится далеко в космосе.

Дифференциальный режим

Спутниковые навигационные системы позволяют потребителю получить координаты с точностью порядка 10–15 м. Однако для многих задач, особенно для навигации в городах, требуется большая точность. Один из основных методов повышения точности определения местонахождения объекта основан на применении известного в радионавигации принципа дифференциальных навигационных измерений.

Дифференциальный режим DGPS (Differential GPS) позволяет установить координаты с точностью до 3 м в динамической навигационной обстановке и до 1 м – в стационарных условиях. Дифференциальный режим реализуется с помощью контрольного GPS-приёмника, называемого опорной станцией. Она располагается в пункте с известными координатами, в том же районе, что и основной GPS-приёмник. Сравнивая известные координаты (полученные в результате прецизионной геодезической съёмки) с измеренными, опорная станция вычисляет поправки, которые передаются потребителю по радиоканалу в заранее оговоренном формате.

Аппаратура потребителя принимает от опорной станции дифференциальные поправки и учитывает их при определении местонахождения потребителя.

Результаты, полученные с помощью дифференциального метода, в значительной степени зависят от расстояния между объектом и опорной станцией. Применение этого метода наиболее эффективно, когда преобладающими являются систематические ошибки, обусловленные внешними (по отношению к приёмнику) причинами. По экспериментальным данным, опорную станцию рекомендуется располагать не далее 500 км от объекта.

В настоящее время существуют множество широкозонных, региональных и локальных дифференциальных систем.

В качестве широкозонных стоит отметить такие системы, как американская WAAS, европейская EGNOS и японская MSAS. Эти системы используют геостационарные спутники для передачи поправок всем потребителям, находящимся в зоне их покрытия.

Региональные системы предназначены для навигационного обеспечения отдельных участков земной поверхности. Обычно региональные системы используют в крупных городах, на транспортных магистралях и судоходных реках, в портах и по берегу морей и океанов. Диаметр рабочей зоны региональной системы обычно составляет от 500 до 2000 км. Она может иметь в своём составе одну или несколько опорных станций.

Локальные системы имеют максимальный радиус действия от 50 до 220 км. Они включают обычно одну базовую станцию. Локальные системы обычно разделяют по способу их применения: морские, авиационные и геодезические локальные дифференциальные станции.

7.9. Характеристика трекер TR-102

Трекер TR-102 – компактное устройство с встроенными модулями GPS и GSM для удаленного позиционирования человека.

Текущие координаты (широта и долгота) передаются либо через SMS на мобильный телефон, либо на персональный компьютер по сети Интернет посредством GPRS¹ (только TR-102), и затем используются картографическим ПО для отображения местоположения на карте.

У трекера есть три кнопки быстрого дозвона и одна кнопка экстренного вызова. **TR-101/TR-102** может использоваться для быстрого поиска детей и пожилых людей. Область применения может быть значительно расширена для решения задач поиска или контроля перемещения людей, животных, автомобилей, курьеров, ценных грузов.

7.9.1 Особенности



- GPS/GSM персональный локатор.
- GSM/SMS/GPRS связь.
- Всенаправленная высокочувствительная GPS антенна обеспечивающая отличное качество приёма сигналов спутников в условиях города.
- Применение новейших технологий и GPS чипсет последнего поколения SiRF Star III делают возможным точное определение координат даже в условиях слабых и переотраженных сигналов.
- Удаленное управление устройством через мобильный телефон или с помощью ПК в режиме on-line.
- Возможность приема входящих звонков для двусторонней связи.
- Фильтрация входящих звонков – только 10 предварительно запрограммированных телефонных номеров могут осуществлять контроль его местоположения.
- Возможность скрытого наблюдения за движением объекта без установления связи с ним – мониторинг в режиме реального времени.
- Определение текущего местоположения трекера нажатием всего одной кнопки на ПК или отправкой одного SMS-сообщения.
- 3 кнопки быстрого дозвона по предварительно запрограммированным телефонным номерам.
- GPRS класс 12.
- Кнопка SOS отправляет координаты и сигнал тревоги через SMS по трем предварительно записанным в памяти телефонным номерам (эти номера могут отличаться от номеров быстрого дозвона).

- Подключение к ПК для настройки трекера и программирования номеров быстрого дозвона и отправки тревожного сообщения осуществляется через USB-порт (кабель mini-USB входит в стандартный комплект поставки).
- Возможность программирования временного интервала для автоматической отправки текущего положения владельца трекера. Например, можно запрограммировать отправку текущих координат 1 раз в час (только в режиме GPRS)
- Сигнализация низкого уровня заряда батареи.

Особенности ПО:

Прилагающееся программное обеспечение (ПО) «Call Center» или «ТрекМастер», работающее под Windows 98/2000/XP, способно одновременно отслеживать передвижения до 5 трекеров через SMS («ТрекМастер») или GPRS¹ («Call Center» или «ТрекМастер») и отображать их положение на картах Google. Все права на картографические изображения принадлежат компании Google (www.google.com).

Программа «Call Center» не является профессиональным ПО для контроля перемещения и предназначена только для настройки рабочих параметров и тестирования работы трекера TR-102.

Для контроля перемещения объектов используйте Интернет-сервисы, перечисленные в Приложении 1.

7.9.2 Начало работы

7.9.2.1 Комплектация

Перед началом эксплуатации, обязательно проверьте комплектацию TR-101/TR-102. Если какой либо из компонентов отсутствует или поврежден, свяжитесь с продавцом.

- 1.Трекер TR-101/TR-102
- 2.Аккумуляторная батарея 1300 мАч
- 3.Кабель USB
- 4.Зарядное устройство 220 В
- 5.CD-ROM

Дополнительно могут поставляться:

- 6.Чехол на пояс

7.Зарядное устройство от прикуривателя автомобиля
Перед началом использования TR-101 необходимо проделать следующие операции: установить SIM-карту и аккумуляторную батарею, полностью зарядить аккумуляторную батарею.

7.9.2.2 Установка SIM-карты и аккумуляторной батареи



1. Легко нажмите на крышку батарейного отсека и сдвиньте её вниз.
2. Вставьте SIM-карту в держатель. Защёлкните держатель SIM-карты.
3. Установите аккумуляторную батарею, чтобы её контакты совпали с контактами в нижней части батарейного отсека трекера.
4. Установите на место крышку батарейного отсека и задвиньте её вверх до щелчка

7.9.2.3 Зарядка батареи

Для правильной работы трекера необходимо зарядить аккумуляторную батарею. Для этого включите прилагаемое зарядное устройство в гнездо трекера. Вилку зарядного устройства включите в сеть переменного тока 220 В. Дождитесь, пока погаснет оранжевый светодиод. Время полной зарядки – до **10** часов.

Внимание! Не используйте никакие другие аккумуляторные батареи, кроме входящей в комплект. Это может вывести прибор из строя.

7.9.3 Конструкция трекера

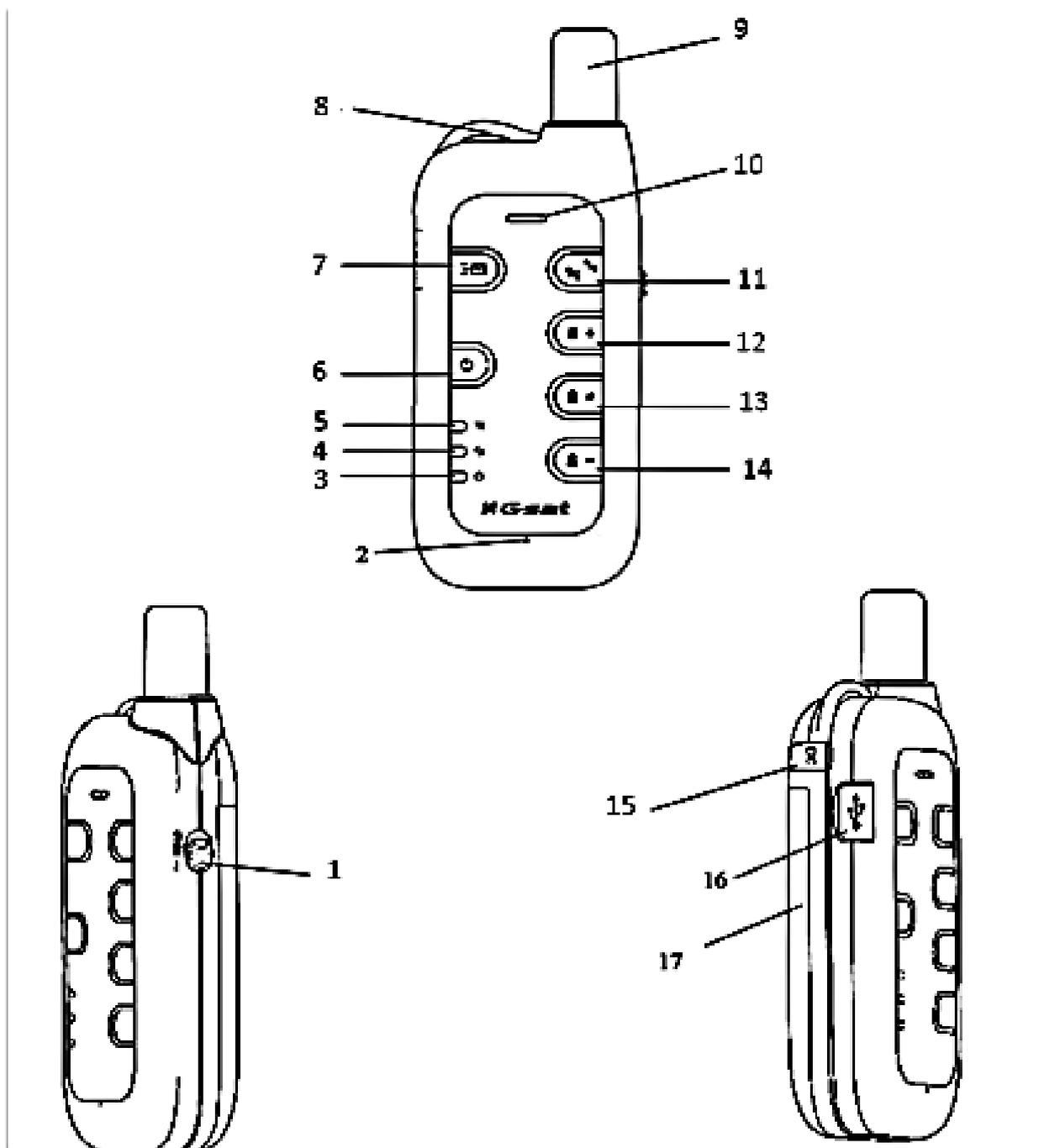
7.9.3.1 Внешний вид

Блокировка кнопок (HOLD)

1. Микрофон
2. Индикация состояния питания
3. Индикация состояния GPS
4. Индикация состояния GSM
5. Кнопка питания. Для срабатывания необходимо удерживать кнопку 5-6 секунд
6. Кнопка SOS. Для срабатывания необходимо удерживать кнопку 5-6 секунд, пока не загорится красный светодиод.
7. Крепление шнура для переноски
8. Антенна GPS
9. Динамик
10. Кнопка ответа/окончания разговора/включения режима настройки
11. Телефон 1/Прибавить громкость
12. Телефон 2/Отключить микрофон
13. Телефон 3/Убавить громкость
14. Гнездо подключения питания

15. Гнездо USB

16. Крышка батарейного отсека



7.9.3 Органы управления

Кнопка питания
Кнопка SOS

Включает и отключает трекер.
Этой кнопке вы можете присвоить 3 телефонных номера. При нажатии на кнопку SOS, трекер определит вашу позицию и отправит её в виде SMS сообщения на эти номера. Сначала SMS будет отправлено на первый, потом на второй, затем на третий.

Кнопка ответа/окончания разговора

При поступлении входящего вызова нажмите эту кнопку (на 1-2 секунды), чтобы начать разговор. По окончании разговора нажмите её снова.

Телефон 1/ Прибавить громкость

Вы можете присвоить этой кнопке телефонный номер. При нажатии на неё, произойдёт вызов абонента. Во время разговора нажатие на эту кнопку (на 1-2 секунды) увеличивает громкость динамика.

Телефон 2/ Отключить микрофон

Вы можете присвоить этой кнопке телефонный номер. При нажатии на неё, произойдёт вызов абонента. Во время разговора нажатие на эту кнопку (на 1-2 секунды) отключает микрофон

Телефон 3/ Убавить громкость

Вы можете присвоить этой кнопке телефонный номер. При нажатии на неё, произойдёт вызов абонента. Во время разговора нажатие на эту кнопку (на 1-2 секунды) уменьшает громкость динамика.

Индикация состояния GSM

Синий светодиод
Горит постоянно: трекер включён, но ещё не установил связь с сетью GSM.
Мигает часто (1 сек.): трекер в режиме набора номера, отправки данных по SMS/GPRS или разговора
Мигает редко (3 сек.): трекер находится в дежурном режиме

Индикация состояния GPS

Зелёный светодиод

	<p>Мигает: идёт поиск спутников и определение позиции.</p> <p>Горит постоянно (при этом синий мигает часто): трекер находится в online-режиме GPRS</p>
Индикация состояния питания	<p>Красный светодиод горит постоянно: батарея разряжена, необходимо зарядить.</p> <p>Оранжевый светодиод горит постоянно: подключено зарядное устройство, идёт зарядка батареи. По окончании зарядки оранжевый светодиод гаснет. Этот индикатор также используется для подтверждения правильного нажатия кнопки SOS и подтверждения получения SMS адресатом. При этом он загорается на 1-2 секунды и гаснет.</p>
Гнездо подключения питания	<p>Для зарядки аккумуляторной батареи необходимо вставить в это гнездо круглый штекер зарядного устройства и включить его в сеть 220 В.</p>
Гнездо USB	<p>Подключив трекер к персональному компьютеру с помощью USB кабеля, вы можете произвести его настройку с помощью прилагаемого программного обеспечения.</p>
Блокировка кнопок	<p>Переключатель блокировки необходим для предотвращения случайного нажатия кнопок трекера. При включенной блокировке (переключатель сдвинут вниз по стрелке) любое нажатие кнопок будет сигнализироваться троекратным миганием всех светодиодов. Для разблокирования трекера, сдвиньте движок вверх.</p>

7.10. Установка и работа с программой «Call Center»

Программа «Call Center» не является профессиональным ПО для контроля перемещения и предназначена только для настройки рабочих параметров и тестирования работы трекера TR-102.

Для контроля перемещения объектов используйте Интернет-сервисы.

7.10.1 Работа с программой «Call Center»

Пункт меню	Панель инструментов	Описание
File > Save File (KML)	[KML]	Экспорт полученных данных в файл формата KML для последующего отображения в приложении «Google Earth». Функция доступна только при включённом режиме «Search Records»

File > Exit

Выход из программы «Call Center»

View > GPRS Tracking



Включение приёма данных, передаваемых трекерами по GPRS. Вы сможете видеть данные трекеров,

находящихся в данный момент на связи.

Если этот пункт выбран, полученные данные медленно отображаются на картах maps.google.com или в приложении «Google Earth»

не-

View > Show Map

Переключение в режим фильтрации исторических данных. Вы можете задать начальные и конечные дату и время и, кликнув «Inquire», получить отфильтрованные данные.

View > Search Records



View > Search Records

Management > User Information



Отображение информации о зарегистрированных в программе трекерах. Вы можете зарегистрировать до 5 трекеров включительно.

Management > User Edit

Удаление зарегистрированных трекеров. Т.к. вы можете зарегистрировать только 5 трекеров, здесь вы можете удалить ненужные.

Management > Setup



Изменение настроек подключённого трекера (номеров телефонов, параметров GPRS)

GPRS > Start

Запуск приёма данных, передаваемых трекером по GPRS. Необходим, если вы используете в качестве сервера этот компьютер. *

Приостановка приёма данных, передаваемых трекером по GPRS. Пока идёт приём данных, вы не сможете работать с настройками трекера, подключённого к ПК по USB.

GPRS > Send Command to TR-102 Map > Google Map

Map > Google Earth About

Отправка команды на трекер

Отображение позиции maps.google.com

*. **Внимание!** Для использования

на карте сервера

трекера **TR-102** в **GPRS** режиме, ваш компьютер должен иметь

на карте приложения

7.10.2 Основные настройки

1. Вставьте SIM-карту в трекер.

2. Присоедините USB-кабель одним разъёмом к трекеру, другим – к компьютеру (предварительно установите драйвер USB, см. пункт 7.1).

3. Включите трекер, нажав и удерживая кнопку питания.

- Дождитесь, пока закончится процесс инициализации трекера и светодиоды перестанут мигать поочерёдно.

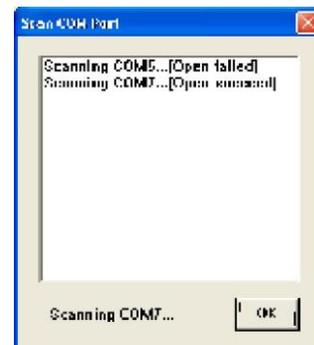
- Для переход в режим настройки, нажмите и удерживайте кнопку «Кнопка ответа/окончания разговора» в течение 10-15 секунд, пока все три светодиода не станут мигать одновременно.

4. Запустите программу «Call Center», кликнув два раза по ярлыку «**TR102-Call Center**» на вашем «Рабочем столе».

5. Выберите пункт меню «**Management > Setup**», нажмите «**Scan**». Программа просканирует все имеющиеся в системе COM-порты и определит, к какому из них подключён трекер.

6. Нажмите кнопку «**Setup**». Программа считает параметры трекера и откроет окно настроек.

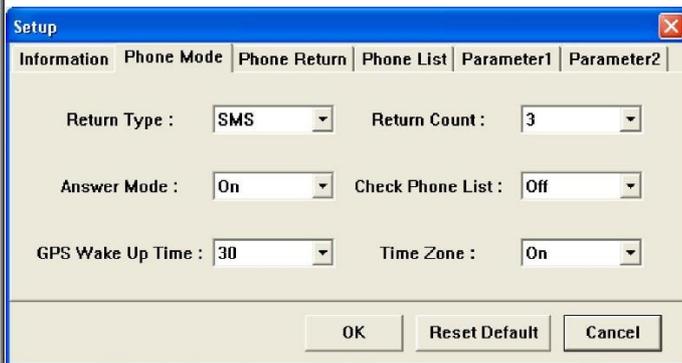
7. Если SIM-карта не установлена, программа выдаст соответствующее сообщение.



Внимание! Если SIM-карта защищена PIN-кодом, будет выведено окно «Enter SIM PIN», где нужно ввести PIN-код.

Будьте внимательны!!! Если PIN-код будет введён неправильно три раза, SIM-карта будет заблокирована. В этом случае обратитесь к вашему оператору сотовой связи.





Пункт	Опции	Значение по умолчанию	Описание
Return Type (Режим работы)	GPRS	SMS	TR-102 передаёт данные по GPRS.
	SMS		TR-101/TR-102 передаёт данные по SMS.
Answer Mode (Режим ответа)	Off	On	При поступлении входящего вызова, трекер воспроизводит краткий приглушенный сигнал и начинает передавать координаты в режиме, определённом в пункте «Return Type». Пользователь не может ответить на входящий вызов. При поступлении SMS, трекер начинает передавать координаты в режиме, определённом в пункте «Return Type».
	On		При поступлении входящего вызова, трекер воспроизводит звуковой сигнал, и пользователь может ответить на звонок. При поступлении SMS, трекер определяет позицию и передаёт координаты в режиме, определённом в пункте «Return Type».
GPS Wake Up Time (Период переопределения координат)	5 ~ 30	30	Время в минутах, через которое происходит включение GPS приёмника и переопределение координат (обновление позиции в памяти), если трекер работает в режиме SMS или в дежурном режиме GPRS (Stop Connect ...).
Return Count (Время определения координат)	1 ~ 10	3	Время в минутах, в течение которого трекер будет пытаться определить позицию. Если позиция не определена, в сообщении это будет указано и трекер отправит последние зафиксированные координаты.

Check Phone List (Проверка номера)	Off	Off	Трекер будет отвечать на запрос координат с любых телефонов.
	On		Трекер будет отвечать на запрос координат только с телефонов, указанных в пунктах «Phone Number1» ~ «Phone Number10» (см. ниже)
Time Zone (Местное время)	On	On	Данные, отсылаемые трекером, содержат местное время.
	Off		Данные, отсылаемые трекером, содержат время UTC (Coordinated Universal Time).

Формат SMS, отправляемого трекером.

Position Report: TR102

2007/1/15 0:21:3 55.74743,037.62477 GPS fixed

Строка 1. Тип сообщения: «Position Report» - ответ на запрос координат, «Emergency Report» - пользователь нажал кнопку SOS.

Строка 2. Название трекера, задаваемое в настройках (см. ниже).

Строка 3. Дата и время определения позиции в формате «уууу/м/д h:m:s» (лидирующие нули отсутствуют). Строка 4. Широта и долгота позиции в градусах*.

Строка 5. Показывает, определена или нет позиция. «GPS fixed» - определена. «GPS not fixed» - не определена (при этом дата, время и координаты соответствуют последней определённой позиции).

* Если ввести эти координаты в строку поиска в программе «Google Earth» или на странице maps.google.com, отобразится соответствующая позиция на карте.

Закладка «Phone Return»

Пункт	Значение по умолчанию	Описание
SOS Number 1~3 (Номер SOS 1~3)		Если пользователь нажал кнопку SOS (7, рисунок на стр. 10), трекер попытается определить позицию; результат будет передан последовательно в виде SMS на 3 заданных номера (последовательно на первый, второй и третий). Могут быть заданы от одного до трёх номеров.
Quick Dial 1~3 (Быстрый набор 1~3)		Если пользователь нажал кнопку быстрого набора (12, 13 или 14, рисунок на стр. 10), будет набран номер, записанный в соответствующем поле. Могут быть заданы от одного до трёх номеров.

Закладка «Phone List»

The screenshot shows a 'Setup' dialog box with a blue title bar and a close button. The 'Phone List' tab is selected. The dialog contains ten input fields for phone numbers, arranged in two columns. The first field, 'Phone Number1', contains the text '+79163332211'. The other fields are empty. At the bottom, there are three buttons: 'OK', 'Reset Default', and 'Cancel'.

На этой закладке задаются номера телефонов, которые имеют право запросить определение координат трекером.

Пункт	Значение по-умолчанию	Описание
Phone Number 1~3 (Телефон 1~3)		Эти номера повторяют заданные вами на закладке «Phone Return» в пунктах Quick Dial 1~3 (Быстрый набор 1~3).
Phone Dial 4~10 (Телефон 4~10)		Здесь вы можете задать ещё 6 телефонных номеров, с которых разрешается получать запрос на определение позиции.

Номера телефонов задаются в международном формате, например: +79161234567 или +74959876543

Закладка «Parameter1»

The screenshot shows a 'Setup' dialog box with a blue title bar and a close button. The 'Parameter1' tab is selected. The dialog contains several input fields for GPRS settings. 'GPRS Port' is set to '5000', 'GPRS apn' is 'internet.mts.ru', 'GPRS user name' is 'mts', and 'GPRS user password' is 'mts'. There are also empty fields for 'GPRS_dns1' and 'GPRS_dns2'. At the bottom, there are three buttons: 'OK', 'Reset Default', and 'Cancel'.

На этой закладке задаются параметры трекера для работы по GPRS.

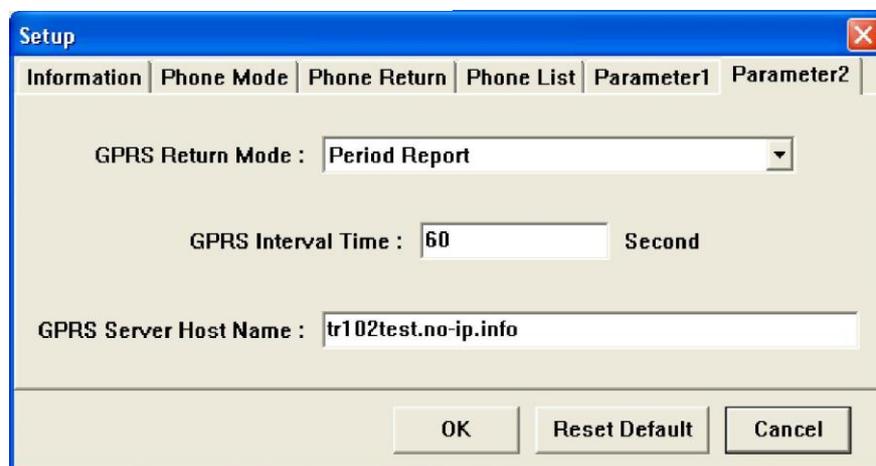
Пункт	Значение	Описание
GPRS Port (Порт GPRS)	5000	Номер порта. Должен совпадать с номером порта, используемым программой Call Center или вашим сервером. Может иметь значения
GPRS apn (Точка входа APN)		Точка входа APN GPRS (см. ниже)
GPRS user name (Логин)		Логин GPRS (см. ниже)
GPRS user password (Пароль)		Пароль GPRS (см. ниже)
GPRS dns1 (Параметр DNS1)		Адрес DNS1 (см. ниже)
GPRS dns2 (Параметр DNS2)		Адрес DNS2 (см. ниже)

Основные параметры настроек GPRS для Московского региона:

	МТС	Билайн	Мегафон
Точка входа APN	internet.mts.ru	internet.beeline.ru	internet (internet.ltmsk — для тарифных планов Лайт)
Логин	mts	beeline	gdata
Пароль	mts	beeline	gdata
DNS1	можно не указывать	можно не указывать	уточняйте у оператора
DNS2	можно не указывать	можно не указывать	уточняйте у оператора

Настройки GPRS других операторов сотовой связи и регионов уточняйте в службе поддержки этих операторов.

Закладка «Parameter2»



На этой закладке задаются дополнительные параметры трекера для работы по GPRS.

Пункт	Значение по умолчанию	Описание
GPRS Return Mode (Режим GPRS)	Stop connect	Варианты отчёта трекера по GPRS (расшифровку смотрите ниже): <ul style="list-style-type: none"> · Immediate report (Онлайн) · Period report (Онлайн + период) · Stop connect (Спящий) · Stop connect and set period report (Спящий + период)
GPRS Interval Time (Период отчёта данных)	60	Время в секундах, через которое трекер будет включать GPS приёмник для определения координат, а результаты передавать на сервер. Допустимы значения от 60 до 86400 секунд (1 сутки).
GPRS Server Host Name (URL или IP сервера)		Адрес сервера, на который трекер будет передавать данные. Может задаваться в двух вариантах: <ul style="list-style-type: none"> · IP: например, 62.35.128.15 · URL: например, tr.no-ip.info (при использовании DDNS-сервисов)

- **Immediate report (Онлайн)** – после включения трекер определяет координаты, соединяется с сервером, отправляет отчёт и остаётся постоянно на связи, ожидая указаний сервера (периодической отправки координат не происходит, параметр GPRS Interval Time игнорируется).

- **Period report (Онлайн + период)** - после включения трекер определяет координаты, соединяется с сервером, отправляет отчёт, остаётся постоянно на связи, ожидая указаний сервера, переопределяет и отправляет на сервер координаты с периодом, заданным в пункте GPRS Interval Time.

- **Stop connect (Спящий)** – после включения трекер определяет координаты и переходит в спящий режим (периодической отправки координат не происходит, параметр GPRS Interval Time игнорируется). Чтобы принудить трекер отправить отчёт, необходимо послать на него SMS либо сделать звонок (если Answer Mode = Off). После передачи отчёта на сервер, трекер остаётся на связи несколько секунд, в течение которых сервер может изменить режим работы трекера, подав соответствующую команду (см. файл «TR-102 GPRS Access command V 1.4.pdf»).

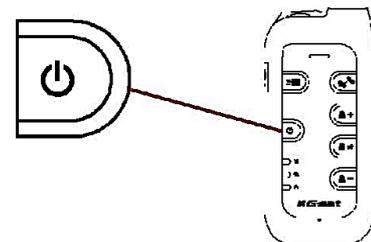
- **Stop connect and set period report (Спящий + период)** – после включения трекер определяет координаты, соединяется с сервером, отправляет отчёт и переходит в спящий режим. По окончании периода ожидания, заданного в пункте GPRS Interval Time, трекер переопределяет координаты и отправляет их на сервер, после чего опять переходит в спящий режим на заданное время.

7.11. Работа с трекером

7.11.1 Включение/Отключение

Для включения TR-101/TR-102, нажмите и удерживайте 3 секунды кнопку питания. Процесс включения будет сопровождаться последовательным перемигиванием всех трёх светодиодов сверху вниз. После включения будет медленно мигать синий светодиод, обозначая дежурный режим GSM модуля. После включения GPS модуль будет в течение 3 минут пытаться определить текущую позицию, в это время будет мигать зелёный светодиод. Если позиция определена, зелёный светодиод загорится на 2-3 секунды и погаснет. Если позиция не определена, GPS модуль попытается определить её снова через 30 минут. Рекомендуем производить включение TR-101/TR-102 на открытом месте для уверенного определения координат.

Для отключения TR-101/TR-102, нажмите и удерживайте 3-5 секунд кнопку питания. Процесс отключения будет сопровождаться последовательным перемигиванием всех трёх светодиодов снизу вверх.

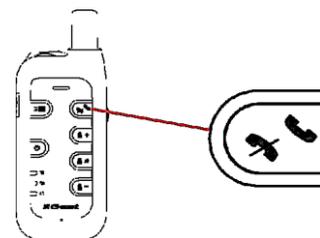


7.11.2 Ответ на входящий вызов/Окончание разговора

- При поступлении входящего вызова буден слышен звуковой сигнал.

Для ответа нажмите на **Кнопку ответа**.

- Для окончания разговора нажмите на эту кнопку ещё раз.



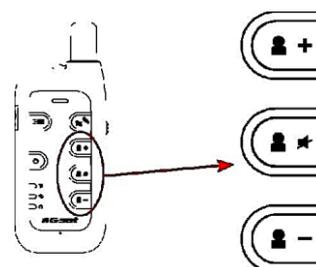
7.11.3 Регулировка громкости

- Во время разговора нажмите кнопку «+» для увеличения громкости динамика.

Во время разговора нажмите среднюю кнопку для отключения микрофона. Если микрофон отключён, собеседник вас не слышит. Для включения микрофона нажмите эту кнопку ещё раз.

Во время разговора нажмите кнопку «-» для уменьшения громкости динамика.

Внимание! Для регулировки громкости и отключения/включения микрофона требуется нажатие на кнопку длительностью 1-2 секунды.



7.11.4 Исходящий вызов

- Если вы задали с помощью настроечного ПО телефонные номера быстрого набора, вы можете вызвать любого из трёх абонентов. Для этого нажмите и удерживайте в течение 1 секунды соответствующую кнопку.

7.11.5 Отправка тревожного SMS

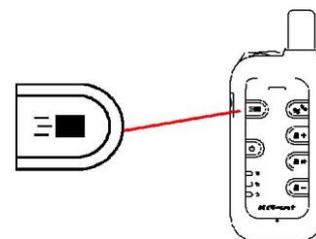
• Если вы задали с помощью настроечного ПО телефонные номера для отправки сигнала SOS, вы можете отправить тревожное SMS сообщение на них. Для этого нажмите и удерживайте в течение 2 секунд кнопку SOS.

• Для подтверждения правильного нажатия 2 раза мигнёт красный светодиод.

• После этого TR-101/TR-102 попытается определить текущую позицию и отправит данные последовательно на заданные номера.

• В подтверждение доставки SMS трекер мигнёт красным светодиодом.

• Если TR-101/TR-102 не смог определить текущую позицию, будут отправлены SMS с текстом «GPS not fixed» и последними определёнными координатами и временем.



7.12. Как происходит отправка тревожного SMS?

1. Для подтверждения правильности нажатия кнопки SOS, красный светодиод мигнёт 2 раза.

2. Трекер начнёт определять позицию (мигает зелёный светодиод). Если позиция определена, зелёный светодиод останется горящим на 5-6 секунд, после чего погаснет.

3. Трекер начнёт передачу SMS сообщения (синий светодиод мигает часто).

4. Трекер переходит в ждущий режим (синий светодиод мигает редко).

5. Если получено подтверждение доставки SMS, мигнёт красный светодиод.

6. Если в течение заданного в настройках времени (Пункт «Return Count», по умолчанию – 3 минуты) координаты не были определены, трекер отправит SMS с последними определёнными координатами и строкой «GPS no fixed».

Формат SMS, отправляемого трекером.

Position Report: TR102

2007/1/15 0:21:3 55.74743,037.62477 GPS fixed

Строка 1. Тип сообщения: «Position Report» - ответ на запрос координат, «Emergency Report» - пользователь нажал кнопку SOS.

Строка 2. Название трекера, задаваемое в настройках (см. ниже).

Строка 3. Дата и время определения позиции в формате «уууу/м/д h:m:s» (лидирующие нули отсутствуют). Строка 4. Широта и долгота позиции в градусах*.

Строка 5. Показывает, определена или нет позиция. «GPS fixed» - определена. «GPS not fixed» - не определена (при этом дата, время и координаты соответствуют последней определённой позиции).

* Если ввести эти координаты в строку поиска в программе «Google Earth» или на странице maps.google.com, отобразится соответствующая позиция на карте.

7.13. Возможные проблемы и их решение

Проблема	Причина
При нажатии любой кнопки мигают все светодиоды (красный, желтый, синий) одновременно	Включен режим HOLD (блокировка нажатия кнопок)
Все светодиоды мигают одновременно	
Синий светодиод горит постоянно	Прибор не зарегистрировался в сети GSM. Слабый сигнал, либо отсутствует GSM покрытие.
После включения трекера процесс инициализации (поочерёдное мигание светодиодов) продолжается неопределённо долго	В трекере новая прошивка, а для настройки использовалось старое ПО: ТрекМастер версии ниже 1.2 или Call-Center без пометки GlobalSat Russia 2
Во время разговора не могу сделать громкость динамика выше/ниже	Во избежание ложного срабатывания в трекере сделана задержка срабатывания кнопок.
Не могу отправить сообщение SOS	Во избежание ложного срабатывания в трекере сделана задержка срабатывания кнопок.
Не могу выключить трекер	Во избежание ложного срабатывания в трекере сделана задержка срабатывания кнопок.
При входящем вызове нажимаю кнопку ответа, а мелодия продолжает играть. Я нажимаю кнопку ответа снова, подношу к уху а там никого нет... (связь разорвалась)	

Решение

Передвиньте движок HOLD правой стороне корпуса в верхнее положение (против стрелки)

Возможны 2 варианта:

1. Не вставлена SIM-карта
2. SIM-карта вставлена, но имеет защиту PIN-кодом

Решения:

1. Вставить рабочую SIM-карту с активированной услугой GPRS (приобретается у любого оператора сотовой связи), предварительно сняв блокировку PIN-кодом, с помощью другого мобильного телефона.

2. Снять блокировку PIN-кодом. Для этого необходимо вставить SIM-карту в любой мобильный телефон и через меню снять блокировку.

Используйте трекер в местах с уверенным GSM покрытием.

Скачать свежую версию ПО в разделе «Техподдержка» на сайте www.globalsat.ru. Установить на ПК. Подключить трекер к ПК, включить, пока идёт поочерёдное мигание светодиодов, произвести настройку параметров трекера в программе CallCenter

Для регулировки громкости динамика в процессе разговора необходимо нажимать на соответствующую кнопку (+ или -) в течение 1-2 секунд

Для отправки SOS необходимо нажать и удерживать (5-10 секунд) кнопку SOS (кнопка слева-вверху с изображением конверта), пока не загорится красный светодиод, подтверждающий срабатывание.

Для отключения трекера необходимо нажать и удерживать (5-10 секунд) кнопку питания (слева-внизу кнопка с изображением кружка и палочки), пока не все светодиоды не начнут мигать по очереди.

При входящем вызове кнопка ответа срабатывает сразу. Из-за конструктивных особенностей мелодия доигрывает несколько тактов.

Решение: при входящем вызове нажимаете кнопку ответа, ждёте пару секунд окончания проигрывания мелодии и подносите трекер к уху.

Учебное издание

Кульбикаян Хачерес Шагенович
Кульбикаян Баграт Хачересович
Шандыбин Алексей Викторович

**СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ БЕСПРОВОДНЫХ
ТЕЛЕКОММУКАЦИОННЫХ СИСТЕМ И СЕТЕЙ**

Печатается в авторской редакции
Технический редактор Т.М. Чеснокова

Подписано в печать 09.10.17. Формат 60×84/16.
Бумага газетная. Ризография. Усл. печ. л. 8,14.
Тираж экз. Изд. № 9036. Заказ .

Редакционно-издательский центр ФГБОУ ВО РГУПС.

Адрес университета: 344038, г. Ростов н/Д, пл. Ростовского Стрелкового
Полка Народного Ополчения, д. 2.