

РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН

АЛМАТИНСКИЙ ИНСТИТУТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

Кафедра телекоммуникационных систем

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к курсовой работе

Система подвижной радиосвязи

Руководитель:  
Зав. каф. ТКС Коньшин С.В.

Выполнил:  
студент группы РРТу-01  
Поляхов В.В.  
Шифр: 211658

Алматы  
2004

## Содержание

Введение.

1. Задание и исходные данные.

2. Расчет максимального расстояния между ЦС и подвижной АС.

2.1 Расчет зоны 1.

2.2 Расчет зоны 2.

3. Расчет максимального расстояния между ЦС и стационарной АС или БС.

3.1 Расчет зоны 1.

3.2 Расчет зоны 2.

4. Карты расположения станций.

Заключение.

## **Введение**

Системы мобильной телефонной связи начали появляться в конце 70-х начале 80-х годов. В США это была система AMPS (Advanced Mobile Phone System), в Великобритании - TACS, в Японии-NTT. Все они были аналоговыми. Сейчас сотовые сети действуют на территории более 100 стран, а число зарегистрированных пользователей по данным на конец 1993 года составляло 30 миллионов.

Хорошее покрытие большой зоны возможно только при установке приемной и передающей антенн центральной станции как можно выше - на самом высоком здании или на вершине ближайшей горы. Но тут возникает проблема, если имеющегося набора частот достаточно лишь, например, для 30 одновременных разговоров, а обеспечить необходимо 100, вариант с одной высоко поднятой антенной не годится. Вместо этого нужно разделить обслуживаемую зону, например, на четыре части, установив на центральной станции четыре направленные антенны, каждая из которых обслуживает только свою ячейку. В соседних ячейках сотовой сети приходится пользоваться разными частотами, а через одну частоты могут повторяться, так достигается экономия спектра. Это позволяет увеличивать количество пользователей, не увеличивая количество частот. Повторение и многократное использование одних и тех же частот - главное отличие сотовой радио связи от обычной.

Современные мобильные сотовые радиотелефоны меняют свою рабочую частоту при перемещении из одной ячейки в другую. Когда уровень сигнала, поступающего на станцию с радиотелефона, становится слишком низким для качественной связи, станции, обслуживающие прилегающие ячейки, получают команду искать в эфире сигнал этого радиотелефона. Если уровень принимаемого ими сигнала окажется выше, они берут обслуживание на себя, а радиотелефон получает команду изменить рабочую частоту на частоту новой ячейки. Одновременно на эту частоту переключается и абонент.

## 1 Задание и исходные данные.

В курсовой работе требуется произвести расчет:

1. Максимального расстояния (дальности) между центральной станцией (ЦС) и мобильной абонентской станцией (АС) системы подвижной радиосвязи (радиус зоны 1).
2. То же при ухудшении параметров СПР (радиус зоны 2).
3. Максимального расстояния (дальности) между центральной станцией (ЦС) и стационарной абонентской станцией (АС) или базовой станцией (БС) (радиус зоны 1).
4. То же при ухудшении параметров СПР (радиус зоны 2).

Кроме того, исходя из полученных результатов, требуется выбрать оптимальные местоположения ЦС и БС на заданной карте города с использованием программы, имеющейся на кафедре. В результате произвести распечатку зоны покрытия.

### Исходные данные:

Номинальная мощность передатчика ЦС, $P_n$	40 Вт
Средняя рабочая частота, $f$	400 МГц
Высота приемной антенны, $h_2$	1,2 м
Требуемая напряженность поля сигнала в пункте приема АС, $E_c$	42 дБ
Рельеф местности в зоне обслуживания	
$\Delta h_1$	10 м
$\Delta h_2$	40 м
Затухание в фильтрах и антенных разделителях, $V_\phi$	9 дБ
Карта города	$\Delta$
Расстояние	20 км

## 2 Расчет максимального расстояния между ЦС и подвижной АС.

### 2.1 Расчет зоны 1.

2.1.1 Поскольку высота передающей антенны не задана, будем задаваться различными высотами антенн, чтобы определить радиус обслуживания с тем, чтобы выбрать подходящий вариант размещения ЦС с учетом местных условий.

Задаемся высотами антенны ЦС:

$h_1=50,100,150,200,300$  м.

2.1.2 Выбираем тип кабеля.

Кабель выбирается таким образом, чтобы его затухание на данной частоте было минимальным.

Тип кабеля: РК-75-17-11(РК-5)

Параметры:

волновое сопротивление  $\rho_{\phi}=75$  Ом;

затухание  $\alpha=0,043$  дБ/м.

2.1.3 Определим дополнительное затухание фидера, связанное с увеличением его длины сверх 50 м на ЦС для всех высот.

$$\Delta V_{\phi}=\alpha \cdot (l_{\phi}-50), \text{дБ.}$$

где  $l_{\phi}=50,100,150,200,300$  м. – длина фидера.

Длина фидера выбирается из того условия, что аппаратура располагается у основания мачты антенны и принимается равной высоте антенны.

$$\Delta V_{\phi}=0,043 \cdot (50-50)=0 \text{ дБ.}$$

$$\Delta V_{\phi}=0,043 \cdot (100-50)=2,15 \text{ дБ.}$$

$$\Delta V_{\phi}=0,043 \cdot (150-50)=4,3 \text{ дБ.}$$

$$\Delta V_{\phi}=0,043 \cdot (200-50)=6,45 \text{ дБ.}$$

$$\Delta V_{\phi}=0,043 \cdot (300-50)=10,75 \text{ дБ.}$$

Полученные данные занесем в таблицу 1.

Таблица 1.

Высота передающей антенны $h_1$ , м	Затухание фидера $\alpha * l_{\phi}$ , дБ	Дополнительное затухание для $l_{\phi} > 50$ м, дБ
50	2,15	0
100	4,3	2,15
150	6,45	4,3
200	8,6	6,45
300	12,9	10,75

2.1.4 Выбираем тип антенны ЦС.

Антенна: полуволновой вибратор.

Параметры:

раскрыв диаграмма направленности

$$\Theta_E=360^\circ$$

коэффициент усиления

$$D_y=0 \text{ дБ.}$$

2.1.5 Рассчитаем поправку, которая учитывает отличие номинальной мощности передатчика от мощности 1кВт.

$$B_{p.n} = 10 \cdot \lg \frac{1000}{P_n} = 10 \cdot \lg \frac{1000}{40} = 13,98 \text{ дБ}$$

2.1.6 Рассчитаем поправку, учитывающую высоту приемной антенны отличную от 1,5 м.

$$B_{h_2} = 10 \cdot \lg \frac{1.5}{h_2} = 10 \cdot \lg \frac{1.5}{1.2} = 0,97 \text{ дБ}.$$

2.1.7 Определим поправку, учитывающую рельеф местности следующим образом. График для определения поправки, учитывающей рельеф местности, приведен на рисунке 1. Чтобы определить колебание уровня местности  $\Delta h$ , рисуют рельеф местности и определяют колебание  $\Delta h$  (пример на рисунке 1.а.). Когда  $\Delta h$  отличается от 50 м в ту или другую сторону, следует вносить поправки, определяемые по графикам рисунка 1.б. и рисунка 1.в. Причем коэффициент  $B_{\text{рел}}$  определим, интерполируя между графиками рисунка 1.б. и рисунка 1.в для  $r < 100 \text{ км}$ .

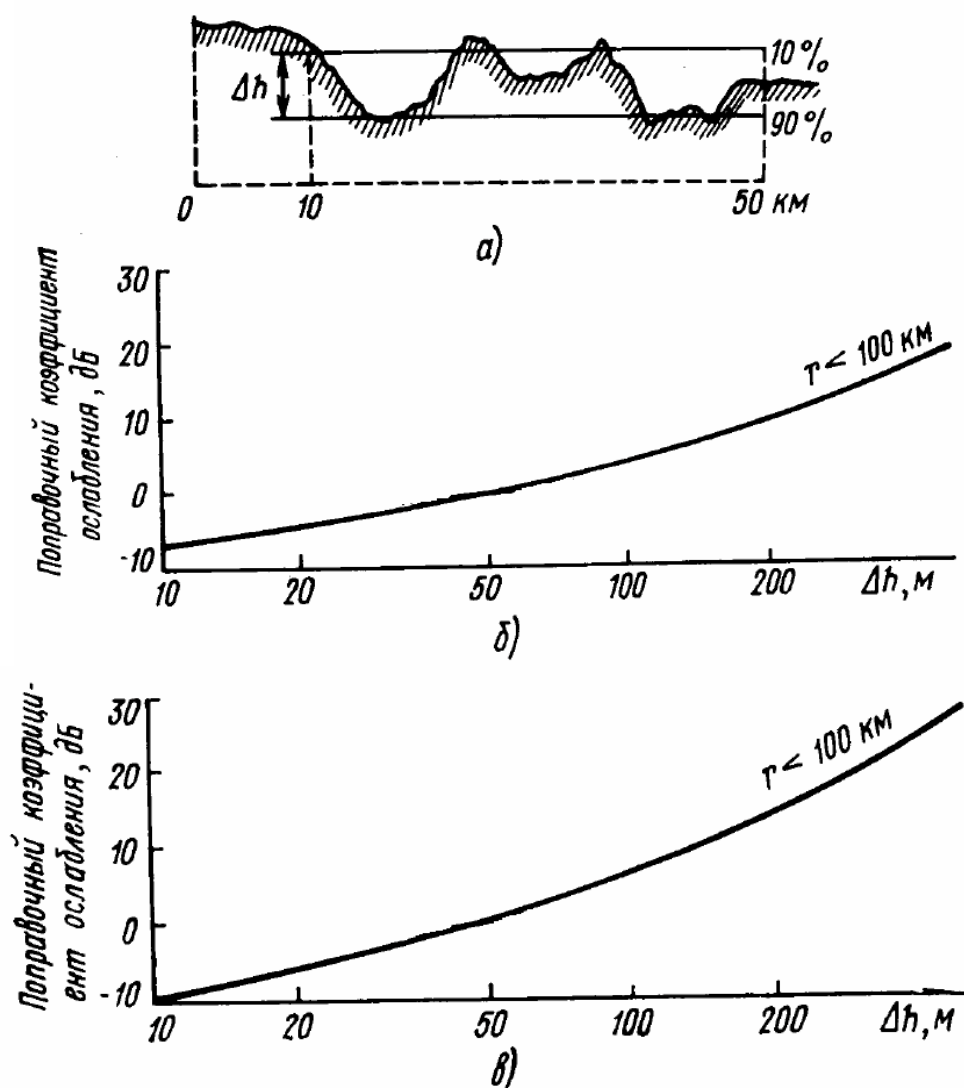


Рисунок 1. График для определения поправки, учитывающей рельеф местности.

Тогда поправка для данного случая будет равна:

$$V_{\text{рел}\Delta h1} = - 8,5 \text{ дБ}, \quad V_{\text{рел}\Delta h2} = - 2,5 \text{ дБ}$$

2.1.8 Напряженность поля, реально создаваемая передающей станцией ЦС в пункте приема АС.

Основная расчетная формула:

$$E = E_c + V_{\text{рн}} + V_{\text{ф}} + V_{h2} + V_{\text{рел}} + (\alpha * l_{\text{ф}}) - D_y$$

Расчет ведется для всех высот передающей антенны ЦС и результаты расчета сводятся в таблицу 2.

По графику на рисунке 2 определяем ожидаемую дальность связи для рассчитанных напряженностей поля при различных высотах передающей антенны ЦС. Результаты заносим в таблицу 2.

Таблица 2.

Высота передающей антенны $h_1$ , м	$\Delta h_1$		$\Delta h_2$	
	Напряженность поля $E$ , дБ	Ожидаемая дальность связи $r$ , км	Напряженн ость поля $E$ , дБ	Ожидаемая дальность связи $r$ , км
50	59,6	3,65	65,6	2,65
100	61,75	3,7	67,75	3,5
150	63,9	5,7	69,9	3,65
200	66,05	5,85	72,05	3,7
300	70,35	5,1	76,35	3,3

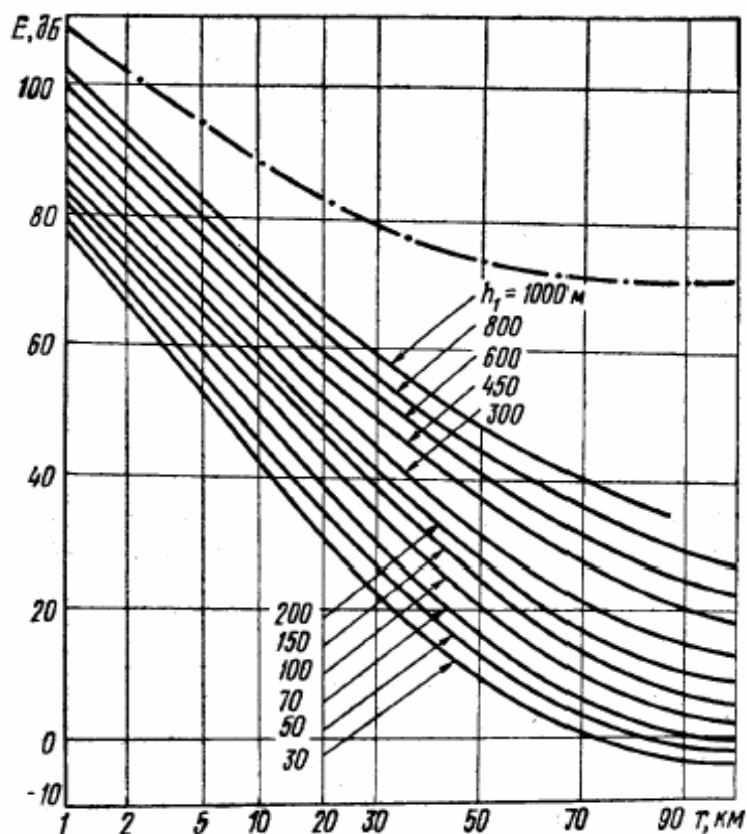


Рисунок 2 – Кривые для определения дальности связи.

### 2.1.9 Выбор высоты передающей антенны ЦС.

Высота антенны  $h_1$  выбирается таким образом, чтобы при лучшем варианте  $\Delta h_1$  и при худшем  $\Delta h_2$  получить оптимальную дальность связи, при условии, что расстояние между ЦС и АС стремится к максимальному, а затраты на кабельное оборудование незначительны.

При расчете принимаем, что оборудование ЦС остается у основания опоры, а длина антенного фидера  $l_{\phi}$  увеличивается с ростом  $h_1$ , увеличивая общее затухание фидера.

Из выше изложенных условий выбираем высоту антенны:

$h_1=150$  м, при этом дальность связи составляет 5,7 км в случае, когда рельеф местности  $\Delta h_1 = 10$  м.

## 2.2 Расчет зоны 2.

Расчет ведем для  $h_1=150$  м учитывая, что напряженность поля  $E_{c2}$  в пункте приема на 9дБ меньше, чем в зоне 1:

$$E_{c2} = E_{c1} - 9 = 63,9 - 9 = 54,9 \text{ дБ.}$$

Полученное значение подставим в формулу:

$$E = E_c + B_{\text{рн}} + B_{\phi} + B_{h2} + B_{\text{рел}} + (\alpha * l_{\phi}) - D_y$$

Тогда напряженность поля реально создаваемая передающей станцией ЦС в пункте приема АС и ожидаемая дальность связи (определенная по графику рисунка 2) будут равны.

Таблица 3.

Высота передающей антенны $h_1$ , м	$\Delta h_1$		$\Delta h_2$	
	Напряженность поля $E$ , дБ	Ожидаемая дальность связи $r'$ , км	Напряженность поля $E$ , дБ	Ожидаемая дальность связи $r'$ , км
150	54,9	13,0	60,9	7,5

Ширина зоны 2 определяется по формуле:

$$r'' = r' - r$$

Таблица 4.

$r''$ , км	
$\Delta h_1$	$\Delta h_2$
7,3	3,85



### 3. Расчет максимального расстояния между ЦС и стационарной АС или БС

#### 3.1. Расчет зоны 1

3.1.1 Рассчитаем поправку, учитывающую высоту приемной антенны отличную от 1,5 м.

$$B_{h_2} = 10 \lg \frac{1.5}{h_2} = 10 \lg \frac{1.5}{1.2} = 0,97 \text{ дБ.}$$

3.1.2 Напряженность поля реально создаваемая передающей станцией ЦС в пункте приема.

Определяем требуемую напряженность поля двух типов антенн.

Основная расчетная формула:

$$E = E_c + B_{рн} + B_{\phi} + B_{h2} + B_{рел} + (\alpha * l_{\phi})_{пр} + (\alpha * l_{\phi})_{прм} - D_{упр} - D_{упрм}$$

#### Четвертьволновой штырь

Параметры:

раскрыв диаграмма направленности

$$\Theta_E = 360^\circ$$

коэффициент усиления

$$D_y = 3 \text{ дБ}$$

#### Семиэлементная антенна типа «Волновой канал»

Параметры:

раскрыв диаграмма направленности

$$\Theta_E = 55^\circ$$

коэффициент усиления

$$D_y = 8 \text{ дБ}$$

При расчете учитываем следующие особенности:

а) В случае использования в качестве антенны стационарной АС четвертьволнового штыря с круговой ДН в горизонтальной плоскости помехи воспринимаются со всех сторон, поэтому значение требуемого сигнала для зоны 1 и 2 ( $E_{c1}$  и  $E_{c2}$ ) берем такие же, как и в техническом задании.

$$\Delta h_1: E = 42 + 13,98 + 9 + 0,97 - 8,5 + 6,45 - 3 = 60,9 \text{ дБ} \quad R = 7,5 \text{ км}$$

$$\Delta h_2: E = 66,9 \text{ дБ} \quad R = 4,5 \text{ км}$$

Таблица 5.

	$\Delta h_1$		$\Delta h_2$	
Затухание фидера $\alpha * l_{\phi}$ , дБ	Напряженность поля $E$ , дБ	Ожидаемая дальность связи $r$ , км	Напряженность поля $E$ , дБ	Ожидаемая дальность связи $r$ , км
6,45	60,9	7,5	66,9	4,5

б) В случае использования в качестве антенны стационарной АС семиэлементной антенны типа «волновой канал» принимаем  $E_c$  с учетом поправки:

$$E_{\text{свк}} = E_{\text{сш}} + \Delta B_{\Theta}$$

$$\Delta B_{\Theta} = 10 \lg(\Theta_E / 360)$$

где  $\Delta B_{\Theta}$  – уменьшение восприимчивости к помехам по сравнению с четвертьволновым штырем;

$\Theta_E$  – раскрыв ДН семиэлементной антенны типа «волновой канал» в электрической плоскости поляризации.

Для этого типа антенны  $\Theta_E = 55^\circ$ , тогда

$$\Delta B_{\Theta} = 10 \lg(55^\circ / 360^\circ) = -8,16 \text{ дБ}$$

Таким образом  $E_{\text{свк}}$  семиэлементной антенны типа «волновой канал» на 8,16 дБ меньше, чем у четвертьволнового штыря.

По графику на рисунке 2 определяем ожидаемую дальность связи для рассчитанных напряженностей поля. Результаты заносим в таблицу 6.

$$\Delta h_1: E = 42 + 13,98 + 9 + 0,97 - 8,5 + 6,45 - 3 - 8,16 = 52,74 \text{ дБ} \quad R = 14 \text{ км}$$

$$\Delta h_2: E = 58,74 \text{ дБ} \quad R = 9 \text{ км}$$

Таблица 6.

	$\Delta h_1$		$\Delta h_2$	
Затухание фидера $\alpha * l_{\phi}$ , дБ	Напряженность поля $E$ , дБ	Ожидаемая дальность связи $r$ , км	Напряженность поля $E$ , дБ	Ожидаемая дальность связи $r$ , км
6,45	52,74	14	58,74	9

## 3.2 Радиус зоны 2

3.2.1 Расчет ведем учитывая, что напряженность поля  $E_{c2}$  в пункте приема на 9 дБ меньше, чем в зоне 1:

$$E_{c2} = E_{c1} - 9 = 29 \text{ дБ.}$$

Тогда напряженность поля реально создаваемая передающей станцией ЦС в пункте приема АС и ожидаемая дальность связи (определенная по графику рисунка 2) будут равны.

Таблица 7.

$\Delta h$	Шетвертьволновой Штырь					«Волновой канал»				
	Зона 1		Зона 2		$\Delta r$ , км	Зона 1		Зона 2		$\Delta r$ , км
	$E_{\text{сш}}$ , дБ	$r$ , км	$E_{\text{сш}}$ , дБ	$r$ , км		$E_{\text{свк}}$ , дБ	$r$ , км	$E_{\text{свк}}$ , дБ	$r$ , км	
10 м	60,9	7,5	51,9	15	7,5	52,74	14	43,74	23	9
42 м	66,9	4,5	57,9	9	4,5	58,74	9	49,74	18	9

#### 4. Карта расположения станций

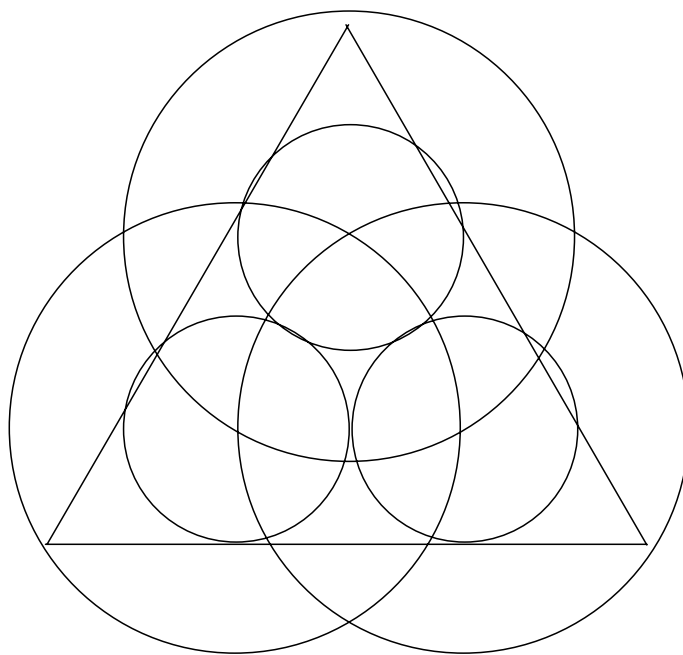


Рисунок 3. Карта расположения ЦС для  $\Delta h_2$

## **Заключение.**

В данной работе были рассчитаны напряженности поля для различных высот антенн и разных условий приема АС, с учетом всех основных параметров. Далее по кривым определения дальности связи были определены расстояния (радиусы) зон 1 и 2 для различных высот антенн ЦС (БС). Оказалось, что высота антенны 150 м - наиболее оптимальный вариант, т.к. обеспечивает приемлемую дальность связи, при наименьших затратах на кабель и установку мачты.

Современные мобильные сотовые радиотелефоны меняют свою рабочую частоту при перемещении из одной ячейки в другую. Когда уровень сигнала, поступающего на станцию с радиотелефона, становится слишком низким для качественной связи, станции, обслуживающие прилегающие ячейки, получают команду искать в эфире сигнал этого радиотелефона. Если уровень принимаемого ими сигнала окажется выше, они берут обслуживание на себя, а радиотелефон получает команду изменить рабочую частоту на частоту новой ячейки. Одновременно на эту частоту переключается и абонент

### Список литературы

- 1 С.В. Коньшин «Системы подвижной радиосвязи»: методическое указание к выполнению курсовой работы. Алматы 2001 г.
- 2 Мясковский Г.М. «Системы производственной радиосвязи»: Справочник - М: Связь 1980г.
- 3 Громаков Ю.А. «Стандарты сотовых систем подвижной радиосвязи»: Учебное пособие - МТУСИ 1994г.