

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

Кафедра сетей и устройств телекоммуникаций

***ЧАСТОТНО-ТЕРРИТОРИАЛЬНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ
СОТОВЫХ СЕТЕЙ СВЯЗИ СТАНДАРТА GSM***

Методические указания
для практических занятий по курсу «Системы подвижной радиосвязи»
для студентов специальности I-45 01 03 «Сети телекоммуникаций»
дневной и заочной форм обучения

Минск 2005

УДК 621.396.2 (075.8)
ББК 32.884.1 я 73
Ч 25

С о с т а в и т е л и:
В.А. Аксёнов, Э.А. Чуйко

Частотно-территориальное планирование сотовых сетей связи стандарта GSM: Метод. указ. для практ. занятий по курсу «Системы подвижной радиосвязи» для студ. спец. I-45 01 03 «Сети телекоммуникаций» дневной и заочной форм обуч./ Сост. В.А. Аксёнов, Э.А. Чуйко. – Мн.: БГУИР, 2005.–16 с.
ISBN 985-444-742-1

В методических указаниях приводятся основные понятия, термины и принципы частотно-территориального планирования сотовых сетей стандарта GSM-900, приведена формула Хата, поясняются некоторые элементы теории трафика. Указания содержат задание для выполнения самостоятельного частотно-территориального планирования сети GSM-900.

УДК 621.396.2 (075.8)
ББК 32.884.1 я 73

ISBN 985-444-742-1

© Аксенов В.А., Чуйко Э.А.,
составление, 2005
© БГУИР, 2005

СОДЕРЖАНИЕ

1. Основные принципы построения сотовых сетей стандарта GSM

2. Эскизное проектирование сотовой сети

3. Формула Хата

4. Расчет бюджета потерь

5. Задания для самостоятельного проектирования

Литература

Приложение. Таблица Эрланга

Библиотека БГУИР

1. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СОТОВЫХ СЕТЕЙ СТАНДАРТА GSM

Построение сотовых сетей связи основывается на двух главных принципах. Первый принцип – повторное использование частот, идея которого заключается в том, что в соседних ячейках сети используются разные радиоканалы, а через несколько ячеек эти радиоканалы повторяются. Это позволяет при минимальном количестве доступных оператору сети радиоканалов охватить системой сколь угодно большую зону обслуживания и существенно повысить емкость системы.

Второй принцип – перекрытие зон радиоизлучения соседних сот. Перекрытие обеспечивает передачу обслуживания вызова (хэндовер) без перебоя связи при пересечении границ сот.

Оптимальное расположение сот на телефонизируемой территории и назначение радиоканалов для них – задача частотно-территориального планирования (ЧТП). Критерий оптимальности – минимальные аппаратные затраты на построение сети при получении высокого качества связи.

В сотовой сети связи стандарта GSM можно выделить следующие топологические структуры.

Сота – зона радиопокрытия антенны базовой станции (БС), характеризующаяся использованием небольшого количества (обычно 1–3) закрепленных за нею конкретных радиоканалов. Сота является наименьшей структурной единицей сети. В зависимости от характера диаграммы направленности (ДН) антенны БС сота может быть круговой (ширина ДН 360°) или секторной (ширина ДН 120 или 60°). В настоящее время наиболее популярны секторные 120-градусные соты.

Размер соты характеризуется радиусом R , определяющим зону обслуживания данной БС. Следует подчеркнуть, что радиоизлучение БС распространяется заметно дальше расстояния R .

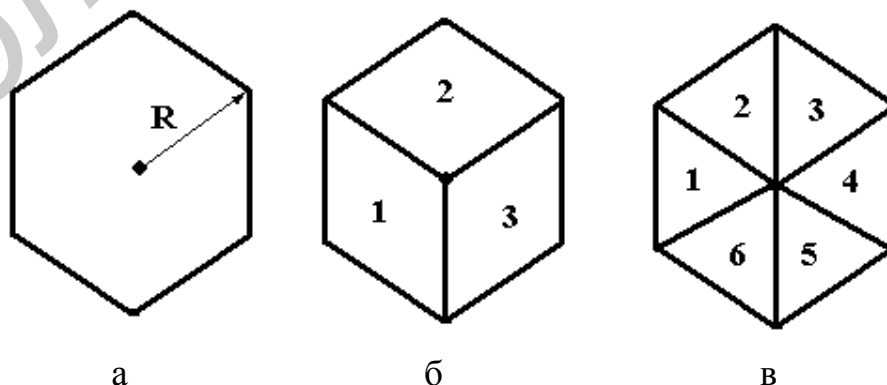


Рис.1. Условное графическое изображение соты и сайта:
а – круговая сота; б – сайт из трех 120 – градусных сот; в – сайт

из шести 60-градусных сот

Сайт – совокупность нескольких смежных секторных сот, работа которых обеспечивается одной БС. Исторически сайты появились как способ повышения емкости соты: одна круговая сота разбивалась на несколько секторных. Поэтому характеристический размер зоны обслуживания сайта – R – такой же, как у круговой соты. На рис.1 приведены условные графические обозначения соты и сайтов. Использование в качестве условного графического обозначения правильного шестиугольника позволяет заполнять такими фигурами карту зоны телефонизации без пропусков. Однако важно помнить, что форма реальных зон покрытия сот и сайтов может сильно отличаться от этого условного образа.

Кластер – группа сот (сайтов), в пределах которой нет повтора радиочастот (номеров радиоканалов). Кластер используется как крупная типовая структура для ЧТП больших территорий телефонизации. Кластеры могут состоять из круговых сот (например, классическая «ромашка» из семи сот) или сайтов с секторными сотами. На рис.2 и 3 показана топология сотовой сети с кластерами типа 3/9 и 4/12 на основе 120-градусных сот.

При ЧТП важно обеспечить низкий уровень так называемой соканальной помехи. Соканальной называют помеху в j -й соте, создаваемую i -й сотой, при условии, что i -я и j -я соты используют одинаковые радиоканалы. Такие соты будут иметь одинаковые имена в своих кластерах. Снижение соканальной помехи обеспечивается максимальным разнесением одноименных сот при стыковке кластеров, организацией разного направления излучения в таких сотах, выбором достаточно большого R или снижением мощности радиопередачи.

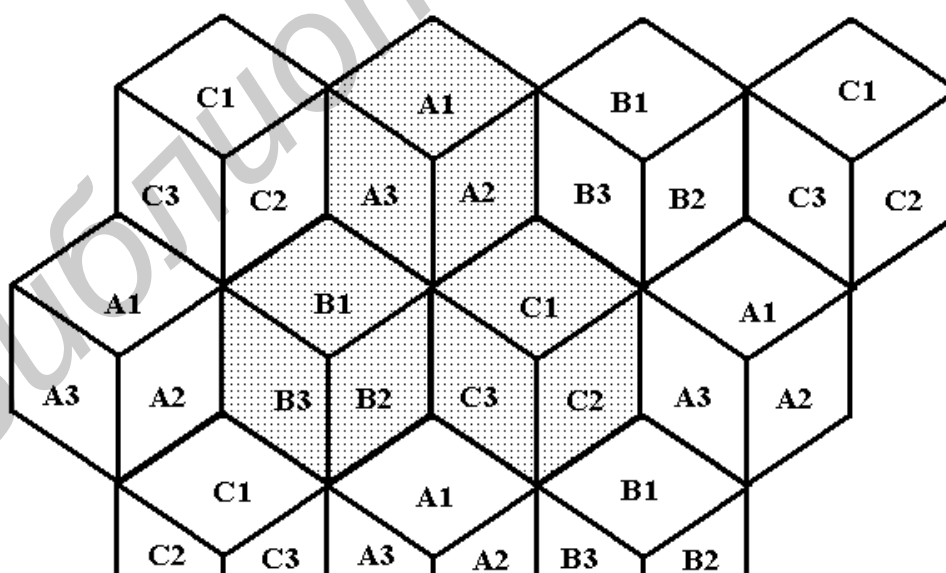


Рис.2. Топология сети на основе кластера 3/9

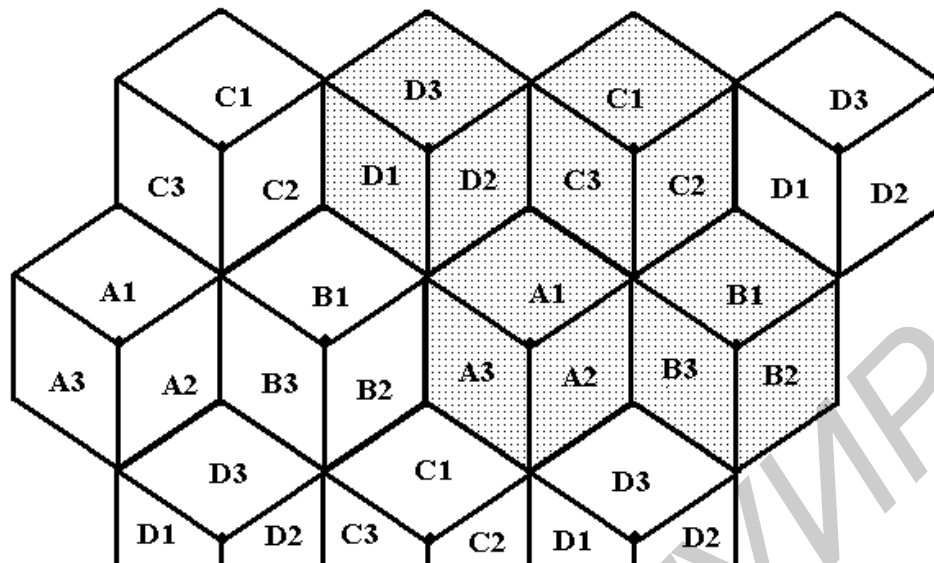


Рис.3. Топология сети на основе кластера 4/12

По стандарту GSM требуется обеспечить отношение «сигнал/соканальная помеха» не хуже 9 дБ. В литературе [1] имеется ряд соотношений, связывающих между собой радиус сот/сайтов, тип кластера и минимальное защитное расстояние (защитный интервал) между одноименными сотами. Однако эти соотношения наиболее хорошо подходят для расчета сетей с круговыми сотами.

2. ЭСКИЗНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОТОВОЙ СЕТИ

Эскизное ЧТП сводится к определению необходимого количества БС для обслуживания заданного количества абонентов, с заданным качеством, на заданной территории, при условии, что оператор сети располагает определенным ресурсом радиоканалов. Территорию телефонизации при эскизном проектировании покрывают сетью регулярной структуры, обычно с кластерами 3/9 или 4/12, при равном размере всех сайтов.

Приведем пример эскизного ЧТП. Исходные данные для проектирования находятся в табл.1.

Таблица 1

Наименование	Обозначение, единица измерения	Значение характеристики
1	2	3
Количество радиоканалов	$K_{рк}$, шт	26
Количество абонентов	$N_{аб}$, тыс.	15

Окончание табл. 1

1	2	3
Предполагаемая нагрузка от одного абонента	$Y_{аб}$, мЭрл	30
Вероятность потерь вызова	P, %	5
Тип кластера	—	4/12
Площадь зоны обслуживания	S , км ²	150

1. Составим таблицу распределения радиоканалов по сотам для заданного кластера (табл. 2).

Кластер 4/12 состоит из 4 сайтов и 12 секторных сот. Поэтому в таблице имеется 12 столбцов для каждой соты. Имя соты содержит букву (A-D), указывающую на принадлежность к конкретному сайту, и номер соты в этом сайте. В табл. 2 принят вариант расположения радиоканалов по порядку, слева направо.

Таблица 2

Сота	A1	B1	C1	D1	A2	B2	C2	D2	A3	B3	C3	D3
Номера радиоканалов	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	25	26										

Как видно из табл. 2, две соты в кластере будут содержать по три радиоканала, а остальные десять сот -- по два радиоканала.

Для кластера 3/9 в табл. 2 будут отсутствовать столбцы для сайта D.

2. Определим абонентскую ёмкость сот.

Количество трафик-каналов для соты в сети GSM определяется по формуле

$$N_{ТСН} = K_{РК} \cdot 8 - 2,$$

где два радиоканала резервируются для служебных целей и поддержания хэндовера.

По таблице Эрланга (см. приложение) для заданных потерь 5 % и $N_{ТСН}$ определяется максимальная нагрузка $Y_{СОТЫ}$ (в эрлангах), которая может быть обслужена сотой. Далее определяется абонентская ёмкость соты по формуле

$$N_{СОТЫ} = Y_{СОТЫ} / Y_{аб}.$$

При этом значение округляется до целого в меньшую сторону.

В данном примере для сот с двумя радиоканалами получим значения:

$$N_{\text{ТСН}} = 2 \cdot 8 - 2 = 14;$$

$$У_{\text{СОТЫ}} = 9,7295 \text{ Эрл};$$

$$N_{\text{СОТЫ}} = 9,7295 \text{ Эрл} / 30 \text{ мЭрл} = 324, 31;$$

$$N_{\text{СОТЫ}} = 324 \text{ абонента.}$$

Для сот с тремя радиоканалами получим следующие значения:

$$N_{\text{ТСН}} = 3 \cdot 8 - 2 = 22;$$

$$У_{\text{СОТЫ}} = 17,132 \text{ Эрл};$$

$$N_{\text{СОТЫ}} = 17,132 \text{ Эрл} / 30 \text{ мЭрл} = 571,066;$$

$$N_{\text{СОТЫ}} = 571 \text{ абонента.}$$

3. Определим абонентскую емкость кластера.

В данном примере, с учётом наличия разноемкостных сот, получим

$$N_{\text{КЛАСТЕРА}} = 2 \cdot 571 + 10 \cdot 324 = 4\,382 \text{ абонента.}$$

4. Определим необходимое для обслуживания $N_{\text{аб}}$ количество кластеров, сайтов и сот.

Основу сети составят 3 целых кластера (12 БС), которые будут обслуживать $3 \cdot 4382 = 13\,146$ абонентов.

Оставшиеся $15\,000 - 13\,146 = 1\,854$ абонентов будут обслуживаться сайтами и сотами, примыкающими к этим кластерам. Причем количество сот следует выбирать с превышением по абонентской емкости. Например, можно взять 2 сайта типа С и D, которые вместе могут обслужить $2 \cdot (3 \cdot 324) = 2 \cdot 972 = 1\,944$ абонента.

В результате сотовая сеть будет состоять из 14 сайтов (14 БС). Ее топология показана на рис. 4. Отдельные сайты С и D выделены тоном.

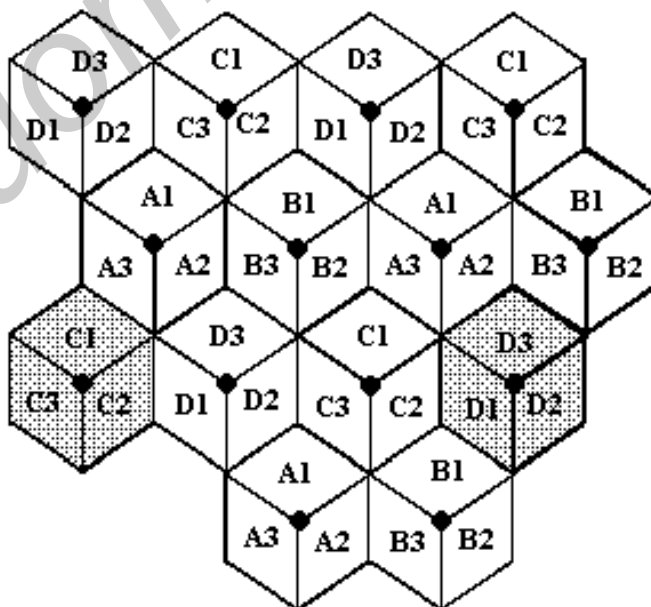


Рис. 4. Вариант топологии сотовой сети на основе кластера 4/12

5. Определим радиус R сайтов, при котором обеспечивается покрытие площади S , км².

Площадь сайта в виде шестиугольника будет равна

$$S_{\text{сайта}} = R^2 \cdot (1/2 \cdot 6 \cdot \sin(2\pi/6)) = 2,598 \cdot R^2.$$

Тогда радиус сайта для данного примера можно определить по формуле

$$R = \text{SQRT}(S / (14 \cdot 2,598)) = \text{SQRT}(150 \text{ км}^2 / (14 \cdot 2,598)) = \\ = \text{SQRT}(4,124) = 2,03 \text{ км}.$$

Значение радиуса сайта для городских условий обычно лежит в пределах 0,5 ... 3 км.

В случае, если сеть будет состоять не только из целого количества сайтов, но и из отдельных секторных сот, следует полагать площадь каждой 120-градусной соты как 1/3 от S сайта. При этом можно вычислить или подобрать радиус R так, чтобы площадь сети была не меньше заданной площади телефонизации.

3. ФОРМУЛА ХАТА

Существует несколько методик [1] для оценки характера распространения радиоволн между БС и абонентской станцией (АС). Одна из наиболее простых – применение формул Хата, полученных как аппроксимация экспериментальных данных Окумуры. Для выбора конкретного типа формулы Хата необходимо задаться рядом условий. Типичными являются следующие условия:

- 1) городская застройка;
- 2) диапазон частот $150 \text{ МГц} \leq f \leq 1500 \text{ МГц}$;
- 3) дальность связи (расстояние БС-АС) $R \leq 20 \text{ км}$;
- 4) высота подъема антенны БС $H_{\text{БС}} = 30 \text{ м}$;
- 5) высота подъема антенны АС $H_{\text{АС}} = 1,5 \text{ м}$;
- 6) АС находятся на улице.

При таких условиях формула Хата для медианной величины потерь L (в децибелах) имеет вид

$$L = 69,6 + 26,2 \lg(f) - 13,82 \lg(\max\{30; H_{\text{БС}}\}) + \\ + [44,9 - 6,55 \lg(\max\{30; H_{\text{БС}}\})] \lg(R) - a(H_{\text{АС}}) - b(H_{\text{БС}}), \quad (1)$$

где $\max\{30; H_{\text{БС}}\} = 30(\text{м}) = H_{\text{БС}}$;

$$b(H_{\text{БС}}) = \min\{0; 20 \lg(H_{\text{БС}}/30)\} = 0;$$

$$a(H_{\text{АС}}) = (1,1 \lg(f) - 0,7) \min\{10; H_{\text{АС}}\} - (1,56 \lg(f) - 0,8) + \\ + \max\{0; 20 \lg(H_{\text{АС}}/10)\} (1,1 \lg(f) - 0,7) H_{\text{АС}} - (1,56 \lg(f) - 0,8);$$

f подставляют в мегагерцах.

Подставляя все в (1), получим соотношение

$$L = 68,8 + 27,76 \lg(f) - 13,82 \lg(H_{\text{БС}}) + \\ + [44,9 - 6,55 \lg(H_{\text{БС}})] \lg(R) - (1,1 \lg(f) - 0,7) H_{\text{АС}}. \quad (2)$$

Обозначим для упрощения части этого выражения следующим образом:

$$C = 68,8 + 27,76 \lg(f) - 13,82 \lg(H_{\text{БС}}) - (1,1 \lg(f) - 0,7) H_{\text{АС}}; \quad (3)$$

$$B = 44,9 - 6,55 \lg(H_{\text{БС}}). \quad (4)$$

В результате получим запись:

$$L = C + B \lg(R). \quad (5)$$

Из (5) окончательно получаем выражение для расстояния:

$$R = 10^{(L-C)/B}. \quad (6)$$

При расчете бюджета потерь в качестве L выбираются допустимые основные потери передачи с вероятностью 75 %, т.е. $W_{\text{доп}}(75 \%)$. Далее по (6) находится максимальная дальность связи с вероятностью 75 % на границе зоны обслуживания.

4. РАСЧЕТ БЮДЖЕТА ПОТЕРЬ

После эскизного ЧТП переходят к расчету бюджета потерь при распространении радиоволн, расчету максимальной дальности связи (максимального радиуса соты/сайта) и уровня соканальной помехи. По результатам расчетов могут вноситься коррективы в эскизный проект.

Исходные данные для вышеназванных расчетов приведены в табл. 3. Последовательность расчетов, их результаты и используемые формулы приведены в табл. 4.

Таблица 3

Наименование	Обозначение, единица измерения	Значения характеристик станций	
		базовой	абонентской
1	2	3	4
Тип радиостанций	---	ALKATEL	NOKIA-210
Максимальная мощность передатчика (на входе антенного фидера)	$P'_{\text{прд}}$, Вт	30	0,25

Окончание табл. 3

1	2	3	4
Потери мощности передачи: в фидере в комбайне в коплере	η_f , дБ/100м	3,5	---
	$\eta_{\text{комб}}$, дБ	2,2	---
	$\eta_{\text{копл}}$, дБ	3	---
Реальная чувствительность приемника	$P_{\text{прм}}$, дБм	-104	-100
Тип антенны	---	K730380	$3/4 \lambda$
Максимальный коэффициент усиления антенны	G_o , дБ	16,5	0

Таблица 4

Бюджет потерь, максимальные дальности связи
и соканальных помех в сети связи GSM-900

Энергетические характеристики, параметры	Направление передачи		Расчетные формулы
	БС→АС	АС→БС	
1	2	3	4
1. Бюджет потерь			
Мощность передатчика $P'_{\text{прд}}$, Вт	30	0,25	
Мощность передатчика $P_{\text{прд}}$, дБм	44,77	24	$P_{\text{прд}} = 10 \lg P'_{\text{прд}} + 30$
Потери в фидере антенны ПРД η_f , дБ	2,2	0	
Потери в комбайнере $\eta_{\text{комб}}$, дБ	3,5	0	
Потери в коплере $\eta_{\text{копл}}$, дБ	3	0	
Максимальный КУ антенны ПРД G_o , дБ	16,5	0	
Излучаемая мощность $P_{\text{изл}}$, дБм	52,57	24	$P_{\text{изл}} = P_{\text{прд}} - \eta_f - \eta_{\text{комб}} - \eta_{\text{копл}} + G_o$
Чувствительность приемника $P_{\text{прм}}$, дБм	-100	-104	
Потери в фидере антенны ПРМ η_f , дБ	0	2,2	
Максимальный КУ антенны ПРМ G_o , дБ	0	16,5	

Продолжение табл.4

1	2	3	4
Необходимая мощность полезного сигнала с вероятностью 50 % $P_{п.с}(50 \%)$, дБм	-100	-118,3	$P_{п.с}(50 \%) = P_{прм} + \eta_{\phi} - G_0$
Необходимая напряженность поля полезного сигнала с вероятностью 50 % $E_{п.с}(50 \%)$, дБ (мкВ/м)	36,28	17,98	$E_{п.с}(50 \%) = 77,2 + 20 \lg f_{МГц} + P_{пс}(50 \%)$
СКО флуктуаций сигнала σ , дБ	4		
Параметр логнормального распределения уровней сигнала с вероятностью 75 % $\mu(75 \%)$	0,68		
Необходимая мощность полезного сигнала на границе зоны обслуживания с вероятностью 75 % $P_{п.с}(75 \%)$, дБм	-98,28	-115,58	$P_{п.с}(75 \%) = P_{п.с}(50 \%) + \mu(75 \%) \sigma$
Необходимая напряженность поля полезного сигнала на границе зоны обслуживания с вероятностью 75 % $E_{п.с}(75 \%)$, дБ (мкВ/м)	39	20,7	$E_{п.с}(75 \%) = E_{п.с}(50 \%) + \mu(75 \%) \sigma$
Потери в теле абонента W_T , дБ	3		
Допустимые основные потери передачи с вероятностью 50 % $W_{доп}(50 \%)$, дБ, при нахождении АС на улице	147,85	139,3	$W_{доп}(50 \%) = P_{изл} - P_{п.с}(50 \%) - W_T$ (Выбирается наименьшее из значений двух направлений)
Допустимые основные потери передачи с вероятностью 75 % $W_{доп}(75 \%)$, дБ, при нахождении АС на улице	145,13	136,58	$W_{доп}(75 \%) = W_{доп}(50 \%) + \mu(75 \%) \sigma$ (Выбирается наименьшее из значений двух направлений)

1	2	3
2. Максимальная дальность связи с вероятностью 75 % на границе зоны обслуживания R_{\max} , км	1,95	По уравнению Хата $R_{\max}=10^{(W_{\text{доп}}(75\%)-C)/B}$, где значение С и В находят по (3, 4)
3. Максимальная дальность соканальных помех		
Защитное отношение сигнал / помеха с вероятностью 50 % A_0 , дБ	9	
Защитное отношение сигнал / помеха с вероятностью 75 % на границе зоны обслуживания $A_{\text{гр}}$, дБ	12,84	$A_{\text{гр}} = A_0 + \mu(75\%) \sigma \sqrt{2}$
Максимальная дальность соканальных помех на границе зоны обслуживания $R_{\text{п}}$, км	4,51	$R_{\text{п}} = R_{\max} 10^{A_{\text{гр}}/B}$, где значение В находят по (4)

5. ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Для получения разных вариантов исходных данных используется номер зачетной книжки студента, обозначенный как НЗ. Номера идут от 01 до 30. Если НЗ отсутствует, следует считать его равным 01. Если НЗ больше 30, следует брать вариант (НЗ – 30). Первая цифра НЗ обозначена как ПцНЗ. Вторая цифра НЗ – ВцНЗ.

В табл.5 приводятся данные для эскизного ЧТП, а в табл.6 – данные для расчета бюджета потерь, расстояния и соканальной помехи.

Таблица 5

Данные для эскизного ЧТП

Наименование	Обозначение, единица измерения	Значение характеристики
1	2	3
Количество радиоканалов	$K_{\text{рк}}$, шт	22 для нечетного НЗ; 27 для четного НЗ
Количество абонентов	$N_{\text{аб}}$, тыс.	15 для ПцНЗ = 0; 10 для ПцНЗ = 1; 8 для ПцНЗ = 2 и 3

1	2	3
Предполагаемая нагрузка от одного абонента	$U_{аб}$, мЭрл	20 для ПцНЗ = 0; 25 для ПцНЗ = 1; 30 для ПцНЗ = 2 и 3
Вероятность потерь вызова	P, %	5 для ПцНЗ = 0; 3 для ПцНЗ = 1; 1 для ПцНЗ = 2 и 3
Тип кластера	–	3/9 для нечетного НЗ; 4/12 для четного НЗ
Площадь зоны обслуживания	S , км ²	150 для ПцНЗ = 0; 100 для ПцНЗ = 1; 80 для ПцНЗ = 2 и 3

Следует провести вычисления в соответствии с пунктами разд. 2 и нарисовать эскиз сотовой сети. При расположении сот и сайтов следует полагать, что зона телефонизации имеет форму квадрата заданной площади.

Таблица 6

Данные для расчета бюджета потерь, расстояния и соканальной помехи

Наименование	Обозначение, единица измерения	Значения характеристик станций	
		базовой	абонентской
Максимальная мощность передатчика (на входе антенного фидера)	$P'_{прд}$, Вт	40 для ПцНЗ = 0; 35 для ПцНЗ = 1; 30 для ПцНЗ = 2 и 3	0,4 для ПцНЗ = 0; 0,25 для ПцНЗ = 1; 0,15 для ПцНЗ = 2 и 3
Потери мощности передачи:	η_f , дБ/100 м	3,5	---
	$\eta_{комб}$, дБ	2,2	---
	$\eta_{копл}$, дБ	3	---
Реальная чувствительность приемника	$P_{прм}$, дБм	-105 для ПцНЗ = 0; -110 для ПцНЗ = 1; -100 для ПцНЗ = 2 и 3	-100 для ПцНЗ = 0; -105 для ПцНЗ = 1; -95 для ПцНЗ = 2 и 3
Максимальный коэффициент усиления антенны	G_o , дБ	20 для ПцНЗ = 0; 15 для ПцНЗ = 1; 10 для ПцНЗ = 2 и 3	0
Ширина ДН в горизонтальной плоскости на уровне минус 3 дБ	$2\phi_o$, град	120	360

По заданным исходным данным следует выполнить расчеты и свести их в таблицу, как показано в разд. 4 (табл. 5). Полученное значение максимального расстояния R_{\max} надо сравнить со значением R из эскизного ЧТП. Сделать выводы о необходимости корректировки эскизного проекта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карташевский В.Г., Семенов С.Н., Фирстова Т.В. Сети подвижной связи. – М.: Эко-Трендз, 2001. – 300 с.
2. Бабков В.Ю., Вознюк М.А., Михайлов П.А. Сети мобильной связи. Частотно-территориальное планирование. – СПб.: СПбГУТ, 2000. – 196 с.
3. GSM System Survey. Student text. EN/LZT 123 3321 R2A,1998 by Ericsson Radio Systems AB.
4. Громаков Ю.А. Стандарты и системы подвижной радиосвязи. – М.: Эко-Трендз, 1997. – 238 с.
5. Ратынский М.В. Основы сотовой связи/ Под ред. Д.Б. Зимина. – М.: Радио и связь, 1998. – 248 с.
6. Ламекин В.Ф. Сотовая связь. – Ростов н/Д: Феникс, 1997. –176 с.
7. Ратынский М.В. Сотовая связь как система массового обслуживания // Мобильные системы. –1997. – № 2. – С. 16-18.
8. Никодимов И.Ю., Мансыров М.И. Планирование сети GSM // Сети и системы связи. – 1999. – № 13.

Таблица Эрланга

n	0.7 %	0.8 %	0.9 %	1 %	2 %	3 %	5 %	10 %	20 %	40 %	n
1	.00705	.00806	.00908	.01010	.02041	.03093	.05263	.11111	.25000	.66667	1
2	.12600	.13532	.14416	.15259	.22347	.28155	.38132	.59543	1.0000	2.0000	2
3	.39664	.41757	.43711	.45549	.60221	.71513	.89940	1.2708	1.9299	3.4798	3
4	.77729	.81029	.84085	.86942	1.0923	1.2589	1.5246	2.0454	2.9452	5.0210	4
5	1.2362	1.2810	1.3223	1.3608	1.6571	1.8752	2.2185	2.8811	4.0104	6.5955	5
6	1.7531	1.8093	1.8610	1.9090	2.2759	2.5431	2.9603	3.7584	5.1086	8.1907	6
7	2.3149	2.3820	2.4437	2.5009	2.9354	3.2497	3.7378	4.6662	6.2302	9.7998	7
8	2.9125	2.9902	3.0615	3.1276	3.6271	3.9865	4.5430	5.5971	7.3692	11.419	8
9	3.5395	3.6274	3.7080	3.7825	4.3447	4.7479	5.3702	6.5464	8.5217	13.045	9
10	4.1911	4.2889	4.3784	4.4612	5.0840	5.5294	6.2157	7.5106	9.6850	14.677	10
11	4.8637	4.9709	5.0691	5.1599	5.8415	6.3280	7.0764	8.4871	10.857	16.314	11
12	5.5543	5.6708	5.7774	5.8760	6.6147	7.1410	7.9501	9.4740	12.036	17.954	12
13	6.2607	6.3863	6.5011	6.6072	7.4015	7.9667	8.8349	10.470	13.222	19.598	13
14	6.9811	7.1154	7.2382	7.3517	8.2003	8.8035	9.7295	11.473	14.413	21.243	14
15	7.7139	7.8568	7.9874	8.1080	9.0096	9.6500	10.633	12.484	15.608	22.891	15
16	8.4579	8.6092	8.7474	8.8750	9.8284	10.505	11.544	13.500	16.807	24.541	16
17	9.2119	9.3714	9.6171	9.6516	10.656	11.368	12.461	14.522	18.010	26.192	17
18	9.9751	10.143	10.296	10.437	11.491	12.238	13.385	15.548	19.216	27.844	18
19	10.747	10.922	11.082	11.230	12.333	13.115	14.315	16.579	20.424	29.498	19
20	11.526	11.709	11.876	12.031	13.182	13.997	15.249	17.613	21.635	31.152	20
21	12.312	12.503	12.677	12.838	14.036	14.885	16.189	18.651	22.848	32.808	21
22	13.105	13.303	13.484	13.651	14.896	15.778	17.132	19.692	24.064	34.464	22
23	13.904	14.110	14.297	14.470	15.761	16.675	18.080	20.737	25.281	36.121	23
24	14.709	14.922	15.116	15.295	16.631	17.577	19.031	21.784	26.499	37.779	24
25	15.519	15.739	15.939	16.125	17.505	18.483	19.985	22.833	27.720	39.437	25
26	16.334	16.561	16.768	16.959	18.383	19.392	20.943	23.885	28.941	41.096	26
27	17.153	17.387	17.601	17.797	19.265	20.305	21.904	24.939	30.164	42.755	27
28	17.977	18.218	18.438	18.640	20.150	21.221	22.867	25.995	31.388	44.414	28
29	18.805	19.053	19.279	19.487	21.039	22.140	23.833	27.053	32.614	46.074	29
30	19.637	19.891	20.123	20.337	21.932	23.062	24.802	28.113	33.840	47.735	30
31	20.473	20.734	20.972	21.191	22.827	23.987	25.773	29.174	35.067	49.395	31
32	21.312	21.580	21.823	22.048	23.725	24.914	26.746	30.237	36.295	51.056	32

Учебное издание

**ЧАСТОТНО-ТЕРРИТОРИАЛЬНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ
СОТОВЫХ СЕТЕЙ СВЯЗИ СТАНДАРТА GSM**

Методические указания
для практических занятий по курсу «Системы подвижной радиосвязи»
для студентов специальности I-45 01 03 «Сети телекоммуникаций»
дневной и заочной форм обучения

Составители:
Аксёнов Вячеслав Анатольевич,
Чуйко Эдуард Алексеевич

Редактор Т.А. Лейко
Корректор Н.В. Гриневич

Подписано в печать 03.03.2005.
Гарнитура «Таймс».
Уч.-изд. л. 0,9.

Формат 60 x 84 1/16.
Печать ризографическая
Тираж 100 экз.

Бумага офсетная
Усл. печ. л. 1,16.
Заказ 426.

Издатель и полиграфическое исполнение: Учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»
Лицензия на осуществление издательской деятельности №02330/0056964 от 01.04.2004.
Лицензия на осуществление полиграфической деятельности №02330/0133108 от 30.04.2004.
220013, Минск, П. Бровки, 6