

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

Кафедра сетей и устройств телекоммуникаций

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ СЕТИ СОТОВОЙ СВЯЗИ  
СТАНДАРТА CDMA**

Методические указания  
к лабораторной работе по курсу  
«Системы подвижной связи с кодовым разделением каналов»  
для студентов специальности I-45 01 03 «Сети телекоммуникаций»  
дневной и заочной форм обучения

Минск 2008

УДК 621.396.2 (075.8)  
ББК 32.884.1 я73  
П 79

С о с т а в и т е л ь  
В. А. Аксенов

**Проектирование** сети сотовой связи стандарта CDMA : метод. указания к лаб. работе по курсу «Системы подвижной связи с кодовым разделением каналов» для студ. спец. I-45 01 03 «Сети телекоммуникаций» днев. и заоч. форм обуч. / сост. В. А. Аксёнов. – Минск : БГУИР, 2008. – 16 с. : ил.

В методических указаниях описывается алгоритм проектирования сотовой сети связи стандарта WCDMA. Приводятся основные математические соотношения и значения ряда важных коэффициентов с краткими пояснениями.

В указаниях содержатся исходные данные для выполнения самостоятельного расчета.

УДК 621.396.2 (075.8)  
ББК 32.884.1 я73

© Аксенов В. А., составление, 2008  
© УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», 2008

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «ПРОЕКТИРОВАНИЕ СЕТИ СОТОВОЙ СВЯЗИ СТАНДАРТА CDMA»

**Цель работы:** изучение итерационного алгоритма проектирования сети сотовой связи с кодовым разделением каналов на основе европейского широкополосного стандарта WCDMA.

## 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

### 1.1. Общая последовательность выполнения проекта

Основная особенность проектирования сотовых сетей с кодовым разделением каналов состоит в учете сложной взаимосвязи параметров канала передачи от базовой станции к мобильным станциям (так называемые Down Link, DL) и каналов передачи от мобильных станций к базовой (так называемые Up Link, UL). Кроме этого, необходимо учитывать их взаимосвязь с емкостью (количеством абонентов) и нагрузкой (более точно – загруженностью) соты. На рис.1.1 приведены графики, поясняющие сказанное. Видно, что в крайних вариантах сота CDMA тяготеет либо к большому количеству низкоскоростных абонентов на малой территории, либо к малому количеству высокоскоростных (создающих большую нагрузку) абонентов, распределенных по большей площади. В результате можно говорить об оптимуме размера соты, оптимуме количества абонентов и создаваемой ими нагрузки в соте.

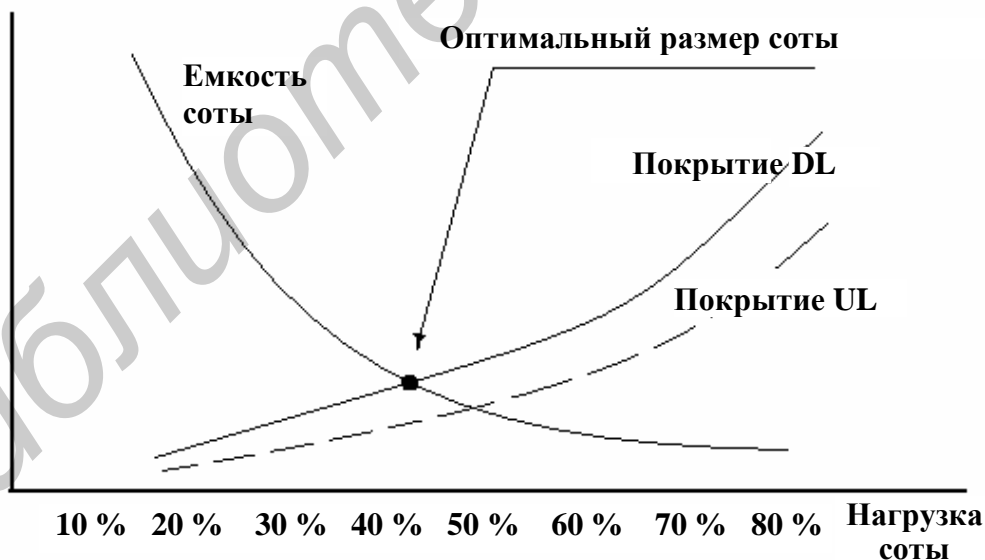


Рис. 1.1. К пояснению оптимального выбора количества сайтов сети

При телефонизации территории с заданной площадью стоит задача определения количества таких «оптимальных» сот, объединенных в сайты, при условии минимизации возникающих взаимных помех между сотами.

Итерационный алгоритм расчета количества сайтов в сети может быть представлен следующими семью шагами.

Шаг 1. Вычисление среднего трафика по профилям обслуживания.

Шаг 2. Выбор нагрузки UL для баланса.

Шаг 3. Определение количества сайтов по емкости для UL.

Шаг 4. Определение количества сайтов по покрытию для UL.

Шаг 5. Проверка баланса емкость/покрытие для UL.

Если баланс достигнут, переход на шаг 6;

если нет – возврат на шаг 2.

Шаг 6. Проверка непревышения максимальной нагрузки для UL и DL.

Если превышения нет, переход на шаг 7;

если превышение есть – увеличение количества сайтов на единицу и возврат на шаг 6.

Шаг 7. Выполнение проверки покрытия для DL.

Если покрытие есть, окончание расчета;

если нет – увеличение количества сайтов на единицу и возврат на шаг 7.

## 1.2. Необходимые исходные данные

Для выполнения проектирования необходим набор исходных данных, который может быть разбит на следующие группы.

Общие данные:

Площадь территории покрытия сети,  $S = 15 \text{ км}^2$ .

Высота подъема антенны базовой станции,  $H_{\text{RBS}} = 30 \text{ м}$ .

Максимальная мощность мобильного терминала,  $P_{\text{UE}} = 0,25 \text{ Вт}$ .

Номинальная мощность базовой станции,  $P_{\text{NOM,RBS}} = 17,4 \text{ Вт}$ .

Максимальная нагрузка в UL < 70 % (рекомендация Ericsson).

Максимальная нагрузка в DL < 76 % (рекомендация Ericsson).

Характер застройки территории – городская (urban). Возможна также плотная городская (dense urban), пригородная (suburban), сельская (rural) застройки.

Процент места расположения абонентов (на улице или в зданиях) – обычно принимается 95 % расположения в зданиях.

Скорость перемещения абонентов – до 3 км/ч (так называемая модель TU-3).

Параметры антенно-фидерного тракта:

Потери в фидере,  $L_{\text{F}} = 6,3 \text{ дБ}/100 \text{ м}$ .

Потери в джампере и соединителе,  $L_{\text{JC}} = 1 \text{ дБ}$ .

Потери в антенном системном контроллере ASC,  $L_{\text{ASC}} = 0,2 \text{ дБ}$ .

Потери в антенном джампере,  $L_{\text{AJ}} = 0,2 \text{ дБ}$ .

Коэффициент усиления антенны,  $G_{\text{A}} = 18,5 \text{ дБ}$ .

Возможную конфигурацию антенно-фидерного тракта с элементами, вносящими потери, иллюстрирует рис. 1.2. Если ASC не применяется, то отсутствует и антенный джампер.

Количество абонентов сети задается общим количеством,  $N = 45\ 000$ , а также количеством абонентов, работающих в голосовой моде (voice subscribers)  $N_V$ , работающих в моде передачи данных с коммутацией каналов (circuit switched data subscribers)  $N_{CS}$  и в моде передачи пакетов (packet switched data subscribers)  $N_{PS} = 6\ 750$ . Обычно  $N_V$  равно  $N$ , а  $N_{CS}$  и  $N_{PS}$  заметно меньше  $N$ . В данной работе полагается  $N_{CS} = 0$ .

Параметры нагрузки:

Вероятность потерь вызова (норма потерь),  $GoS = 2\ \%$ .

Количество вызовов в ЧНН для голосовой моды,  $K_V = 0,44$ .

Средняя длительность разговора,  $T_V = 3$  мин.

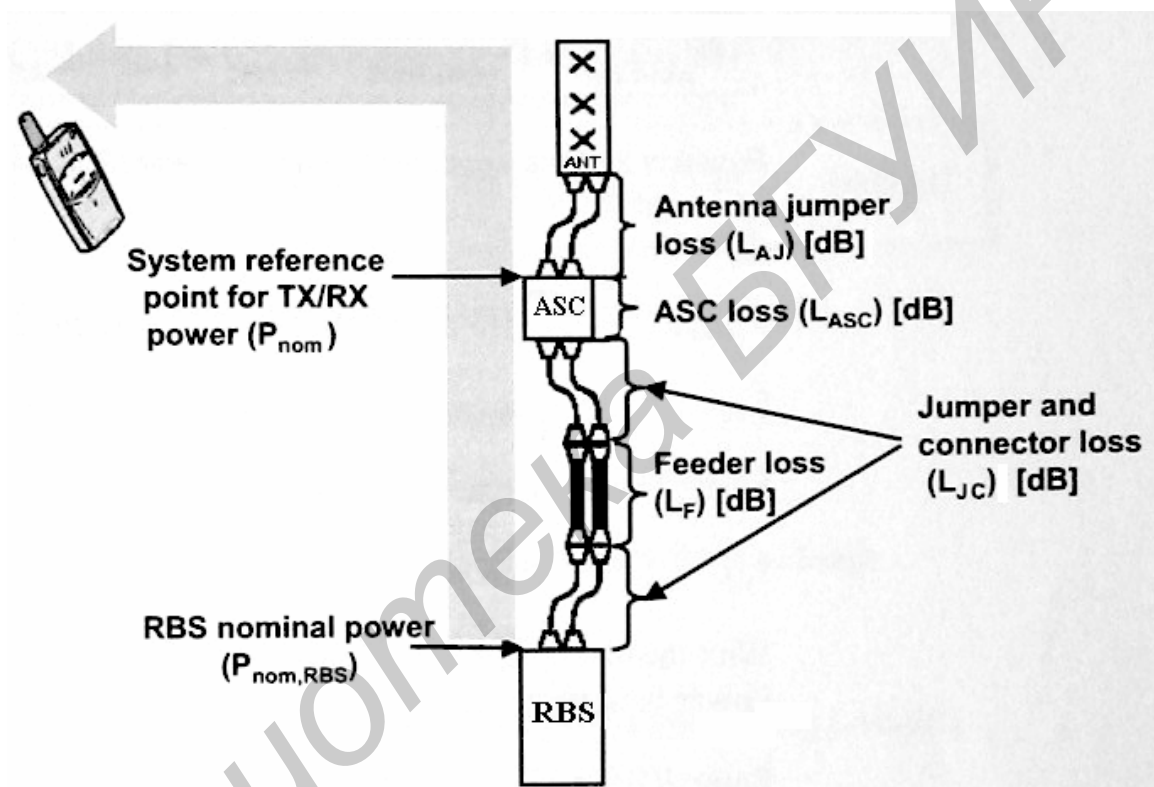


Рис.1.2. Конфигурация антенно-фидерного тракта

Для абонентов пакетной передачи данных дополнительно задается объем передаваемых данных в ЧНН,  $V_{PS} = 3600$  кбит и отношение (перекос) трафика в направлениях UL/DL,  $r = 0,1$  (или 10 %).

## 2. ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТОВ

В соответствии с алгоритмом ниже представлены проектные процедуры, разбитые на 7 последовательно выполняемых шагов.

### Шаг 1. Вычисление среднего трафика по профилям обслуживания

Для голосовой моды используется соотношение

$$Y_S = K_V * (T_V/60) * (N_V/N). \quad (1)$$

После подстановки получаем значение удельной абонентской нагрузки в эрлангах :

$$Y_s = 0,44*(3/60)*(45000/45000) = 0,022 \text{ (Эрл)} = 22 \text{ (мЭрл)}.$$

Для моды передачи пакетов  $V_{PS}$  переводят в килобайты (кб)  
 $3600 \text{ кбит}/8 = 450 \text{ кб}.$

Далее объем передаваемых данных разбивают по направлениям UL и DL с учетом доли передающих пакеты абонентов в сети:

$$V_{PS,UL} = r * V_{PS} * (N_{PS} / N), \quad (2)$$

$$V_{PS,DL} = (1 - r) * V_{PS} * (N_{PS} / N). \quad (3)$$

После подстановки в (2)–(3) получаем

$$V_{PS,UL} = 0,1 * 450 * (6750 / 45000) = 45 * 0,15 = 6,75 \text{ кб},$$

$$V_{PS,DL} = 0,9 * 450 * (6750 / 45000) = 405 * 0,15 = 60,75 \text{ кб}.$$

### **Шаг 2. Выбор нагрузки UL для баланса**

По рекомендациям ETSI и производителей аппаратуры WCDMA нагрузка в проектируемых сетях не должна быть менее 20 %, а с другой стороны, не должна превышать 70 % для UL и 76 % для DL. Выберем в качестве стартового значения для UL нагрузку 40 % ( $Q = 0,4$ ), которой соответствует уровень интерференции  $V_{I,UL} = 2,2 \text{ дБ}.$

Если при такой нагрузке баланс емкости и покрытия сети не будет соблюден, нагрузку следует повысить до 45 %, 50 % и т.д. до достижения баланса.

Значения  $V_{I,UL}$  для разных нагрузок  $Q$  определяются по формуле

$$V_{I,UL} = 10 * \log(1 / (1 - Q)) \text{ [дБ]}. \quad (4)$$

### **Шаг 3. Определение количества сайтов по емкости для UL (нагрузка 40 %)**

Для выбранной нагрузки  $Q$  количество трафик-каналов в секторной соте определяется выражением

$$M = Q * M_{POLE}, \quad (5)$$

где  $M_{POLE}$  – предельное количество каналов в секторе, зависящее от моды и скорости передачи. Для трехсекторного сайта в городских условиях при передаче речи рекомендуется  $M_{POLE} = 70.$

После подстановки в (5) получаем

$$M = 0,4 * 70 = 28 \text{ (каналов)}.$$

Для заданной нормы потерь  $GoS = 2\%$  из таблицы распределения Эрланга (см. приложение) находим суммарную нагрузку сектора (соты)  $Y = 20,15$  Эрл, которую могут обслужить  $M = 28$  каналов. Количество абонентов в соте будет равно отношению  $Y$  к  $Y_S$ , с округлением в меньшую сторону

$$N_{CELL} = Y / Y_S = 20,15 / 22 \text{ мЭрл} = 915,909 \approx 915 \text{ (абонентов)}. \quad (6)$$

Количество абонентов в трехсекторном сайте будет равно

$$N_{SITE} = 3 * N_{CELL} = 3 * 915 = 2745 \text{ (абонентов)}. \quad (7)$$

Всего в сети для обслуживания нагрузки от 45 000 абонентов потребуется сайтов (с округлением до меньшего целого)

$$M_{SITE} = N / N_{SITE} = 45000 / 2745 \approx 16 \text{ (сайтов)}. \quad (8)$$

#### **Шаг 4. Определение количества сайтов по покрытию для UL (нагрузка 40 %)**

На данном шаге производится вычисление бюджета потерь для речевой моды и моды передачи пакетов в направлении UL с целью найти радиус  $R$  сайта, при котором связь возможна. Зная радиус, можно найти количество сайтов  $M_{SITE}$ , суммарная площадь которых будет не меньше заданной площади телефонизации  $S = 15 \text{ км}^2$ . Результаты вычислений сведены в табл. 1.1.

В табл. 1.1 для оценки затухания сигнала  $L$  при распространении на расстояние  $R$  используется модель Окамура-Хата для городской застройки следующего вида:

$$L = A + B \log(R) = 134,69 + 35,22 \log(R). \quad (9)$$

В таблице присутствует четыре особых коэффициента:  $V_{LNF}$  – логнормальные замирания и учет мягкого хэндовера;  $V_{PC}$  – порог регулирования мощности;  $L_{BL}$  – потери в теле человека;  $L_{BPL}$  – потери стен зданий.

Таблица 1.1

Параметр	Речевая мода	Коммутация пакетов	Расчетное соотношение
1	2	3	4
Мощность мобильной станции, $P_{UE}^*$ , Вт	0,25	0,25	
Мощность мобильной станции, $P_{UE}$ , дБ	24	24	$P_{UE} = a = 10 \lg P_{UE}^* + 30$
$S_{UL}$ , дБ	-124,5	-124,5	b
Уровень интерференции $V_{I,UL}$ , дБ	2,2	2,2	c

Окончание табл. 1.1

1	2	3	4
$V_{L,NF}$ , дБ	7,5	7,5	d
$V_{PC}$ , дБ	0,7	0,7	e
$L_{BL}$ , дБ	3	0	f
$L_{BPL}$ , дБ	18	18	g
$L_{AJ}$ , дБ	0,2	0,2	h
Коэффициент усиления антенны, $G_A$ , дБi	18,5	18,5	i
$L_{MAX}$ , дБ	135,4	134,0	$L_{MAX} = a-b-c-d-e-f-g-h+i$
Меньшее из $L_{MAX}$ , дБ	134,0		
Радиус сайта(соты), R, км	0,950		$R=10^{(L_{max}-A)/B}$ , где $A=134,69$ , $B=35,22$
Площадь сайта, $S_{SITE}$ , км <sup>2</sup>	1,72		$S_{SITE} = 1,95 * R^2$
Требуемое количество сайтов, $M_{SITE}$	9		$M_{SITE} = S / S_{SITE}$ (округлять в большую сторону)

### **Шаг 5. Проверка баланса емкость/покрытие для UL**

Полученное на шаге 4 количество сайтов 9 не совпадает с количеством сайтов 16, найденном на шаге 3. Таким образом, при 40 % нагрузки баланс не достигается. Необходимо повторить шаг 3 и шаг 4 с нагрузками 50 % и 60 % соответственно.

В данном примере баланс достигается при нагрузке 60 %. При этом количество необходимых сайтов как по емкости, так и по покрытию составит 11 шт.

### **Шаг 6. Проверка превышения максимальной нагрузки для UL и DL**

Максимальная нагрузка  $Q_{MAX}$  для сектора в направлении UL определяется выражением

$$Q_{MAX} = N_{CELL}[(Y_S / M_{POLE}) + (V_{PS,UL} * 1024 * 8 * PF) / (3600 * 64 * 10^3 * M_{POLE,PS})], \quad (10)$$

где  $N_{CELL}$  – количество абонентов в секторе, пересчитанное с учетом найденного количества сайтов;  $Y_S = 22$  мЭрл;  $M_{POLE} = 70$ ;  $V_{PS,UL} = 6,75$ кб;  $PF = 1,4$  – рекомендованное значение пик-фактора для передачи с коммутацией пакетов;  $M_{POLE,PS} = 16$  – рекомендованное придельное число каналов с коммутацией пакетов на сектор.

Максимальная нагрузка  $Q_{MAX}$  для сектора в направлении DL также вычисляется по выражению (10).



Однако для этого направления принимают другие значения следующих параметров:

$$M_{\text{POLE}} = 60; M_{\text{POLE,PS}} = 8,9.$$

Кроме того, вместо  $V_{\text{PS,UL}}$  в (10) подставляется  $V_{\text{PS,DL}} = 60,75$  кб.

Найденные выше  $M_{\text{SITE}} = 11$  трехсекторных сайта имеют в каждой соте (секторе) следующее количество абонентов

$$N_{\text{CELL}} = N / (M_{\text{SITE}} * 3) = 45000 / (11 * 3) = 1363,6 \approx 1364. \quad (11)$$

Подстановка в (9) для UL дает результат

$$Q_{\text{MAX}} = 1364 * [(22 * 10^{-3} / 70) + (6,75 * 1024 * 8 * 1,4) / (3600 * 64 * 10^3 * 16)] = 0,45.$$

Таким образом, полученная максимальная нагрузка 45 % для UL не превышает нагрузку баланса 60 %, найденную на шаге 5.

Вычисление  $Q_{\text{MAX}}$  для направления DL дает результат

$$Q_{\text{MAX}} = 1364 * [(22 * 10^{-3} / 60) + (60,75 * 1024 * 8 * 1,4) / (3600 * 64 * 10^3 * 8,9)] = 0,95.$$

Видно, что полученная нагрузка в 95 % превышает предел в 76 % для данного направления.

Для выполнения условия по неперевышению максимальных нагрузок необходимо увеличить количество сайтов на один, приняв  $M_{\text{SITE}} = 11 + 1 = 12$  и для этого количества повторить вычисления по (10)–(11). Если условие не будет достигнуто,  $M_{\text{SITE}}$  увеличивают еще на один сайт и т.д.

В данном примере итерации заканчиваются при  $M_{\text{SITE}} = 15$ . При таком количестве сайтов для направления UL  $Q_{\text{MAX}} = 33,3$  % , что меньше 60 %, и для направления DL  $Q_{\text{MAX}} = 70,3$  % , что меньше 76 %.

### **Шаг 7. Выполнение проверки покрытия для DL**

На данном шаге выполняется проверка трех рекомендованных соотношений для мощностей сигналов (в Вт), излучаемых базовой станцией в направлении DL, а именно

$$P_{\text{CPICH}} \leq 0,1 P_{\text{NOM}}^* , \quad (12)$$

$$P_{\text{TOT}} \leq 0,75 P_{\text{NOM}}^* , \quad (13)$$

$$P_{\text{DCH}} \leq 0,3 P_{\text{NOM}}^* , \quad (14)$$

где  $P_{\text{NOM}}$  – номинальная мощность базовой станции в так называемой «системной контрольной точке», в качестве которой принят выход ASC, как показано на рис.1.3;  $P_{\text{CPICH}}$  – мощность общего пилотного канала в контрольной точке;  $P_{\text{TOT}}$  – полная мощность в контрольной точке;  $P_{\text{DCH}}$  – мощность выделенного канала в контрольной точке.

Значение  $P_{\text{NOM}}$  (дБ) пересчитывается из имеющегося в исходных данных значения мощности на выходе базовой станции  $P_{\text{NOM,RBS}}$  (Вт) по следующему

выражению:

$$P_{\text{NOM}} = (10\log(P_{\text{NOM,RBS}}) + 30) - L_{\text{JC}} - L_{\text{F}}' - L_{\text{ASC}} \text{ (дБ)}. \quad (15)$$

Затухание фидера при высоте мачты базовой станции  $H_{\text{RBS}}$  пересчитывается по формуле

$$L_{\text{F}}' = L_{\text{F}} * (H_{\text{RBS}}/100) = 6,3 \text{ дБ}/100\text{м} * (30\text{м}/100) = 1,89 \text{ дБ}. \quad (16)$$

Из (15) и (16) после подстановки получаем

$$P_{\text{NOM}} = 10\log(17,4) + 30 - 1 - 1,89 - 0,2 = 39,3 \text{ дБ},$$

или в ваттах

$$P_{\text{NOM}}^* = 10^{(P_{\text{nom}} - 30)/10} = 8,5 \text{ Вт}.$$

По найденному на шаге 6 количеству сайтов  $M_{\text{SITE}} = 15$  и заданной площади сети  $S$  определяется радиус сайта (размер соты):

$$R = \sqrt{S / (1,95 * M_{\text{SITE}})} = \sqrt{15 / (1,95 * 15)} = 0,716 \text{ (км)}. \quad (17)$$

По (11) определяется количество абонентов в соте (секторе):

$$N_{\text{CELL}} = N / (M_{\text{SITE}} * 3) = 45000 / (15 * 3) = 1000.$$

По (10) определяется  $Q_{\text{MAX}}$  для направления DL:

$$Q_{\text{MAX}} = 1000 * [(22 * 10^{-3} / 60) + (60,75 * 1024 * 8 * 1,4) / (3600 * 64 * 10^3 * 8,9)] = 0,70.$$

Для проверки условия (12) необходимо выполнить вычисления, сведенные в табл. 1.2. В таблице присутствует дополнительный коэффициент  $L_{\text{CPL}}$ , определяющий потери для абонента в автомобиле.

Таблица 1.2

Параметр	Значение	Расчетное соотношение
1	2	3
Интенсивность теплового шума $N_t$ , дБм/Гц	-174	a
Шум приемника мобильной станции $N_f$ , дБ	7	b
Чиповая скорость $R_{\text{CHIP}}$ , чип/с	$3,84 * 10^6$	c
Отношение сигнал/шум для чипа $E_C / N_0$ , дБ	-16	d
Чувствительность мобильной станции $S_{\text{UL}}$ , дБ	-117,2	$e = a + b + 10 \log(c) + d$
Радиус сайта (соты) $R$ , км	0,716	f
Затухание распространения $L_{\text{РАТН}}$ , дБ	129,58	$g = 134,69 + 35,22 \log(f)$ .

Окончание табл. 1.2

1	2	3
$V_{LNF}$ , дБ	8,4	h
$V_{PC}$ , дБ	0	i
$L_{BL}$ , дБ	3	j
$L_{CPL}$ , дБ	0	k
$L_{BPL}$ , дБ	18	l
$L_J$ , дБ	0,2	m
Коэффициент усиления антенны, $G_A$ , дБi	18,5	n
Полное затухание пилот-сигнала $L_{SA}$ , дБ	140,68	$o = g+h+i+j+k+l+m-n$
Линеаризированное $L_{SA}$	$4,8 \cdot 10^{14}$	$p = 10^{(o/10)}$
Граница интерференции $V_{IUL}$ , дБ	1,87	$q = 10 \log[1+(4,05 \cdot 10^{13})(6,375/p)]$
$P_{CPICH}$ , дБм	25,35	$r = e + o + q$
$P_{CPICH}$ , Вт	0,343	$s = 10^{(r-30)/10}$

Как видно из табл. 1.2, полученное значение  $P_{CPICH}$  (в Вт) удовлетворяет условию (12):

$$0,343 \text{ Вт} \leq 0,1 \cdot 8,5 \text{ Вт} = 0,85 \text{ Вт}.$$

Для проверки условия (13) необходимо выполнить вычисления, сведенные в табл. 1.3. Следует обратить внимание на несколько иные значения параметров затуханий, используемые в данной таблице.

Таблица 1.3

Параметр	Значение	Расчетное соотношение
1	2	3
$P_{CPICH}$ , Вт	0,343	a
$P_{CCH}$ , Вт	0,857	$b = 2,5 \cdot a$
Затухание распространения $L_{PATH}$ , дБ	129,58	c (из табл. 1.2)
$V_{L,NF}$ , дБ	7	d
$V_{PC}$ , дБ	0,7	e
$L_{BL}$ , дБ.	3	f
$L_{CPL}$ , дБ.	0	g
$L_{BPL}$ , дБ.	18	h
$L_J$ , дБ.	0,2	i
Коэффициент усиления антенны, $G_A$ , дБi.	18,5	j

Окончание табл. 1.3

1	2	3
Полное затухание $L_{SA}$ , дБ	140	$k = c+d+e+f+g+h+i-j$
Линеаризированное $L_{SA}$	$10^{14}$	$l = 10^{(k/10)}$
$H$	$1,11363 \cdot 10^{-14}$	$m$
$Q_{MAX}$	0,7	$n$
$P_{TOT}$ , Вт	6,57	$o = (b + m \cdot l) / (1 - n)$

Найденное значение  $P_{TOT}$  (в Вт) не удовлетворяет условию (13), поскольку

$$6,57 \text{ Вт} > 0,75 \cdot 8,5 \text{ Вт} = 6,37 \text{ Вт}.$$

В соответствии с итерационным алгоритмом необходимо увеличить количество сайтов на 1, а затем повторить все вычисления на шаге 7, начиная с вычисления нового радиуса сайта по (17). Если условия (12)–(13) не будут достигнуты, добавляется еще один сайт и т.д. В данном примере выполнение (12 – 13) достигается при количестве сайтов  $M_{SITE} = 18$ .

Далее переходят к проверке условия (14). Вычисления для проверки этого условия (при передаче речи) аналогичны расчетам из табл. 1.2, но отличаются иными значениями ряда констант. Вычисления (при  $M_{SITE} = 18$ ) сведены в табл. 1.4. Следует отметить, что в табл. 1.4 следует применить значение  $P_{TOT}$ , которое будет получено при последнем применении табл. 1.3.

Таблица 1.4

Параметр	Значение	Расчетное соотношение
1	2	3
Интенсивность теплового шума $N_t$ , дБм/Гц	-174	$a$
Шум приемника мобильной станции $N_f$ , дБ	7	$b$
Битовая скорость передачи речи $R_{INFOR}$ , бит/с	156000	$c$
Отношение сигнал/шум для бита $E_b/N_0$ , дБ	7,2	$d$
Чувствительность мобильной станции $S_{UL}$ , дБ	-117,87	$e = a + b + 10 \log(c) + d$
Радиус сайта (соты) $R$ , км	0,654	$f$
Затухание распространения $L_{PATH}$ , дБ	128,2	$g = 134,69 + 35,22 \log(f)$ .
$B_{L,NF}$ , дБ	7	$h$
$B_{PC}$ , дБ	0,7	$i$
$L_{BL}$ , дБ	3	$j$

Окончание табл. 1.4

1	2	3
$L_{CPL}$ , дБ	0	k
$L_{BPL}$ , дБ	18	l
$L_J$ , дБ	0,2	m
Коэффициент усиления антенны, $G_A$ , дБi	18,5	n
Полное затухание DCH канала $L_{SA}$ , дБ	138,6	$o = g+h+i+j+k+l+m-n$
Линеаризированное $L_{SA}$	$7,24 \cdot 10^{13}$	$p = 10^{(o/10)}$
Граница интерференции $V_{I,UL}$ , дБ	3,92	$q = 10 \log[1+(1,74 \cdot 10^{13})(P_{TOT}/p)]$ , где $P_{TOT} = 6,1$ Вт
$P_{DCH}$ , дБм	24,65	$r = e + o + q$
$P_{DCH}$ , Вт	0,29	$s = 10^{(r-30)/10}$

Как видно, найденное значение  $P_{DCH}$  (в Вт) удовлетворяет условию (14):  
 $0,29 \text{ Вт} < 0,3 \cdot 8,5 \text{ Вт} = 2,55 \text{ Вт}$ .

Таким образом, в данном примере расчета окончательно можно принять структуру сети WCDMA из 18 трехсекторных сайтов на площади в  $15 \text{ км}^2$ .

### 3. ЗАДАНИЕ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Самостоятельное проектирование выполняется по варианту, номер которого выбирается по выражению

$$\text{номер варианта} = \text{Mod}5(\text{номер зачетной книжки}).$$

Значение необходимых для расчетов данных приведены в табл. 1.5. Значения некоторых коэффициентов и констант, отсутствующих в таблице, следует брать из вышеприведенного примера расчета.

Таблица 1.5

Параметр	Вар. 1	Вар. 2	Вар. 3	Вар. 4	Вар. 5
1	2	3	4	5	6
$S$ , $\text{км}^2$	10	15	17	20	22
$N$ (чел.)	45 000	45 000	50 000	55 000	55 000
$N_V$ (чел.)	45 000	45 000	50 000	55 000	55 000
$N_{PS}$ (чел.)	6750	6750	7000	8250	8250
$P_{UE}$ , Вт	0,25	0,25	0,35	0,35	0,35
$P_{NOM,RBS}$ , Вт	18	18	18	18	18
$G_A$ , дБi	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5
$L_{AJ}$ , дБ	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
$L_{ASC}$ , дБ	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
$L_{JC}$ , дБ	1	1	1	1	1

1	2	3	4	5	6
$L_F$ , дБ/100 м	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3
GoS	2 %	2 %	3 %	3 %	5 %
$K_V$	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44
$T_V$ , мин	3	3	3	3	3
$V_{PS}$ , кбит	3600	3600	3600	3600	3600
$r$	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

#### 4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Опишите последовательность проектирования сети стандарта WCDMA. Чем объясняется наличие такой последовательности?
2. С чем связана разница в проектных процедурах для UL и DL?
3. Какие исходные данные необходимы для проектирования сети WCDMA?
4. Какие устройства входят в состав антенно-фидерного тракта базовой станции?
5. Где находится «системная контрольная точка» уровней сигналов?
6. В каких пределах лежит значение  $Q_{MAX}$  для UL и DL?
7. Какова чиповая скорость передачи системы WCDMA?
8. Поясните формулу из табл. 1.1 для расчета площади трёхсекторного сайта по его радиусу.
9. Поясните общий принцип вычисления бюджета потерь.
10. Какая модель потерь используется в расчете бюджета потерь?

#### 5. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по лабораторной работе должен содержать следующие пункты.

1. Цель работы.
2. Таблицы с исходными данными по варианту.
3. Результаты расчетов на первом и последнем шаге итерационного алгоритма по всем определяемым параметрам сети.
4. Схематическое изображение спроектированной сети.
5. Выводы, содержащие найденное количество сайтов для сети.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. WCDMA RAN network design. Student book. LZT 123 7628 R68. Ericsson, 2006.
2. Веселовский, К. Системы подвижной радиосвязи / К. Веселовский; пер. с польск. И. Д. Рудинского; под ред. А. И. Ледовского. – М.: Горячая линия – Телеком, 2006. – 536 с.

Таблица Эрланга

<b>n</b>	<b>1 %</b>	<b>2 %</b>	<b>3 %</b>	<b>5 %</b>	<b>10 %</b>	<b>n</b>
20	12.031	13.182	13.997	15.249	17.613	20
21	12.838	14.036	14.885	16.189	18.651	21
22	13.651	14.896	15.778	17.132	19.692	22
23	14.470	15.761	16.675	18.080	20.737	23
24	15.295	16.631	17.577	19.031	21.784	24
25	16.125	17.505	18.483	19.985	22.833	25
26	16.959	18.383	19.392	20.943	23.885	26
27	17.797	19.265	20.305	21.904	24.939	27
28	18.640	20.150	21.221	22.867	25.995	28
29	19.487	21.039	22.140	23.833	27.053	29
30	20.337	21.932	23.062	24.802	28.113	30
31	21.191	22.827	23.987	25.773	29.174	31
32	22.048	23.725	24.914	26.746	30.237	32
33	22.909	24.626	25.844	27.721	31.301	33
34	23.772	25.529	26.776	28.698	32.367	34
35	24.638	26.435	27.711	29.677	33.434	35
36	25.507	27.343	28.647	30.657	34.503	36
37	26.378	28.254	29.585	31.640	35.572	37
38	27.252	29.166	30.526	32.624	36.643	38
39	28.129	30.081	31.468	33.609	37.715	39
40	29.007	30.997	32.412	34.596	38.787	40
41	29.888	31.916	33.357	35.584	39.861	41
42	30.771	32.836	34.305	36.574	40.936	42
43	31.656	33.758	35.253	37.565	42.011	43
44	32.543	34.682	36.203	38.557	43.088	44
45	33.432	35.607	37.155	39.550	44.165	45
46	34.322	36.534	38.108	40.545	45.243	46
47	35.215	37.462	39.062	41.540	46.322	47
48	36.109	38.392	40.018	42.537	47.401	48
49	37.004	39.323	40.975	43.534	48.481	49
50	37.901	40.255	41.933	44.533	49.562	50
<b>n</b>	<b>1 %</b>	<b>2 %</b>	<b>3 %</b>	<b>5 %</b>	<b>10 %</b>	<b>n</b>

## СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа «Проектирование сети сотовой связи стандарта CDMA» .....	3
1. Теоретические сведения .....	3
1.1. Общая последовательность выполнения проекта.....	3
1.2. Необходимые исходные данные.....	4
2. Пример выполнения расчетов.....	5
3. Задание для самостоятельной работы .....	13
4. Контрольные вопросы .....	14
5. Содержание отчета .....	14
Литература .....	14
Приложение. Таблица Эрланга.....	15

Библиотека БГУИР



Учебное издание

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ СЕТИ СОТОВОЙ СВЯЗИ  
СТАНДАРТА CDMA**

Методические указания  
к лабораторной работе по курсу  
«Системы подвижной связи с кодовым разделением каналов»  
для студентов специальности I-45 01 03 «Сети телекоммуникаций»  
дневной и заочной форм обучения

С о с т а в и т е л ь  
**Аксёнов Вячеслав Анатольевич**

Редактор Т. П. Андрейченко  
Корректор Е. Н. Батурчик

---

Подписано в печать 27.05.2008.	Формат 60 × 84 1/16.	Бумага офсетная.
Гарнитура «Таймс».	Печать ризографическая.	Усл. печ. л. 1,16.
Уч.-изд. л. 1,0.	Тираж 75 экз.	Заказ 114.

---

Издатель и полиграфическое исполнение: Учреждение образования  
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»  
ЛИ №02330/0056964 от 01.04.2004. ЛП №02330/0131666 от 30.04.2004.  
220013, Минск, П.Бровки, 6