**Республика Казахстан**

**Алматинский институт Энергетики и Связи**

Кафедра Радиотехники

**Пояснительная записка**

**к курсовой работе**

По дисциплине: Сети и системы мобильной связи 3-го поколения

Построение мобильной телекоммуникационной сети стандарта CDMA

**Принял:**

ст. преп. Л.П. Прилепкина

**Выполнил:**

Т.Н. Косолапова

Ст.гр. МРС-04-3

З.к. № 043251

Алматы 2008

# Задание

В данной расчетно-графической работе, необходимо:

1. произвести расчет отношения сигнал/шум в трафик-каналах, пилот-канале, в поисковом канале и в канале синхронизации;
2. определить количество активных пользователей в одной соте;
3. графически определить зависимость между радиусом соты и количеством активных абонентов;
4. сделать выводы относительно предложенного варианта и возможные пути улучшения качественных показателей проектируемой сети.

Исходные данные (вариант 7):

(дБм)- мощность мобильного терминала;



(дБ)- потери в кабеле мобильного терминала;



(дБ)- коэффициент усиления антенны мобильного терминала;



(дБ)- потери при ориентации антенны мобильного терминала;



(дБ)- допуск на проникновения в здания;



(дБ)- коэффициент усиления приемной антенны базовой станции;



(дБ)- потери в фидере базовой станции;



(дБ)- коэффициент усиления передающей антенны базовой станции;



(дБм)- эффективная мощность излучения трафик–канала;



(дБм)- мощность от передающей антенны базовой станции;



- число трафик–каналов поддерживаемое одной сотой;



- коэффициент активности речи;



(дБм)- средний уровень сигнала, требуемый при приеме;



(дБм)- мощность пилот канала;



(дБм)- мощность канала оповещения;



(дБм)-полная мощность всех трафик-каналов на выходе усилителя.



Таблица 2 – Параметры станции

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | *%* застройки | Центральная  частота *f*, *МГц* | Высота антенн БС *hb*, *м* | Высота антенн МС *hm*, *м* | *Еb/N0* | *P(%)-*  надежность |
| 3 | 25 | 833 | 28 | 1,4 | 8 | 0,70 |

# 

**Введение**

В данной курсовой работе производится планирование сетей сотовой связи и расчету основных параметров сетей связи стандарта CDMA. Производится исследование функциональной зависимости параметров сети. Бюджет линии связи предназначен, для того, чтобы произвести необходимые расчеты отношения принятой битовой энергии к тепловому шуму и плотности интерференции. Расчеты основаны на известных значениях мощности передатчика, коэффициентов усиления передающей приемной антенн, значении принятых шумов, емкости канала, а также распространении сигнала и интерферирующей среды. Расчет бюджета линии связи необходим для анализа трафик-каналов прямого и обратного соединений, пилот-канала, канала поискового вызова и канала синхронизации.

# Расчет основных параметров сети связи

## 1.1 Прямое соединение

При вычислении эффективного соотношения сигнал/шум для пилот-канала, канала синхронизации и канала поискового вызова, необходимо вычислить мощность принятого сигнала и принятой интерференции по каждому каналу. Нижеприведенные расчеты позволять произвести анализ канала прямого соединения.

Эффективная мощность излучения трафик канала:

, (1)



где *pt* – эффективная мощность излучения (ЭМИ) трафик канала (дБм);

*Pt* – ЭМИ всех трафик каналов от передающей антенны БС (дБм);

*Nt* – число трафик каналов поддерживаемое одной сотой;

*Сf* – коэффициент активности речи

.



Мощность, приходящаяся на одного абонента (мобильную станцию):

, (2)



где *pu* – мощность в трафик канале на одного абонента (дБм);

*Gt*– коэффициент усиления передающей антенны БС (дБ);

*Lc*– потери в фидере БС (дБ).

.



Полная мощность базовой станции (БС):

, (3)



где *ps* – мощность канала синхронизации (дБм);

*pp* – мощность пилот - канала (дБм);

*ppg*– мощность канала оповещения (дБм).



Усилитель мощности БС:

, (4)



где *Ра* – полная мощность всех трафик-каналов, пилот-канала, поискового канала, и канала синхронизации на выходе усилителя (дБм);

*Рс* – полная излучаемая мощность БС (дБм).

.



Полная мощность принятая мобильной станцией:

, (5)



где *рт* – полная мощность принятая мобильной станцией (дБм);

– средние потери на трассе между БС и мобильной (дБ);



*Al* – допуск на теневые потери (дБ);

*Gm* – коэффициент усиления (на приеме) антенны мобильной станции.



Принятая мощность трафик-канала:

, (6)



где *рtr* – принятая мобильной станцией мощность трафик-канала от БС (дБм).

.



Принятая мощность пилот-канала:

, (7)



где *рpr* – принятая мобильной станцией мощность пилот-канала от БС (дБм).

.



Принятая мощность поискового канала:

, (8)



где *рpgr* – принятая мобильной станцией мощность поискового канала от БС (дБм).

.



Принятая мощность канала синхронизации:

, (9)



где *рsr* – принятая мобильной станцией мощность канала синхронизации от БС (дБм).

.



Интерференция от других пользователей в трафик-канале:

, (10)



где *Iut* – плотность интерференции создаваемой другими абонентами в трафик-канале (дБм/Гц);

.



Интерференция, создаваемая другими базовыми станциями в трафик-канале:

, (11)



где *Ict* – плотность интерференции создаваемой другими БС в трафик канале (дБм/Гц);

*fr* – коэффициент переиспользования частоты (fr=0.65).



Плотность интерференции для трафик-канала:

, (12)



где I*ut* – плотность интерференции канале трафика (дБм/Гц).

.



Интерференция от других абонентов (той же БС) в пилот-канале:

, (13)



где *Iuр* – плотность интерференции других абонентов в пилот-канале (дБм/Гц).

.



Интерференция, создаваемая другими базовыми станциями в пилот-канале:

, (14)



где *Ict* – плотность интерференции создаваемой другими БС в пилот-канале (дБм/Гц);

– коэффициент переиспользования частоты;



.



Плотность интерференции для пилот-канала:

, (15)



где *Iр* – плотность интерференции для пилот-канала (дБм/Гц).

.



Интерференция от других абонентов (той же БС) в поисковом-канале:

, (16)



где Iupg – плотность интерференции от других абонентов в поисковом канале (дБм/Гц).

.



Интерференция, создаваемая другими базовыми станциями в поисковом-канале:

, (17)



где *Icpg*– плотность интерференции создаваемой другими БС в поисковом-канале (дБм/Гц);

.



Плотность интерференции для поискового-канала:

, (18)



где Iрg – плотность интерференции для пиоскового-канала (дБм/Гц).

.



Интерференция от других абонентов (той же БС) в канале синхронизации:

, (19)



где *Ius* – плотность интерференции от других абонентов в канале синхронизации (дБм/Гц).

.



Интерференция, создаваемая другими базовыми станциями в канале синхронизации:

, (20)



где *Ics*– плотность интерференции создаваемой другими базовыми станциями в канале синхронизации (дБм/Гц);

.



Плотность интерференции для канала синхронизации:

, (21)



где *IS* – плотность интерференции для канала синхронизации (дБм/Гц).

.



Тепловой шум:

, (22)



где *N0* – плотность теплового шума (дБм/Гц);

*Nf* – значение шума в приемнике мобильной станции (дБ).

.



Отношение сигнал/шум + интерференция в трафик-канале:

, (23)



где *btr –* скорость передачи данных в трафик-канале (бит/с).

.



Отношение сигнал/шум + интерференция в пилот-канале:

, (24)



.

Отношение сигнал/шум + интерференция в поисковом-канале:

, (25)



где *bpgr –* скорость передачи данных в поисковом канале (бит/с).

.



Отношение сигнал/шум + интерференция в канале синхронизации:

, (26)



где *brs –* скорость передачи данных в канале синхронизации (бит/с).

.



## 

## 1.2 Обратное соединение

Мощность усилителя мобильной станции:

, (27)



где *pu* – мощность на выходе усилителя (дБм);

*Рme* – полная излучаемая мощность антенны мобильной станции (дБм);

*Gm*– коэффициент усиления передающей антенны мобильной станции (дБ);

*L**m* – потери в кабеле мобильной станции (дБ).

.



Мощность принятая базовой станцией от одного абонента:

, (28)



где *Рcu* – полная мощность принятая БС по каналу трафика от мобильной станции (дБм);

*Lp*– средние потери на трассе между БС и мобильной (дБ);

*Al* – допуск на теневые потери (дБ);

*Gt* – коэффициент усиления (на приеме) антенны БС (дБ).

*Lt*– потери в кабеле БС (дБ).

.



Плотность интерференции создаваемой другими абонентами в данной БС:

, (29)



где *Iutr* – плотность интерференции создаваемой другими мобильными станциями (дБм/Гц)

*Са*– коэффициент активности речи в канале *(Са=0,4-0,6)*;

*Nt*– число трафик-каналов имеющихся в одной БС.

.



Плотность интерференции создаваемой другими абонентами других базовых станций:

, (30)



где *Ictr*– плотность интерференции от мобильных станций других базовых станций (дБм/Гц);

– коэффициент переиспользования частоты*.*



.



Плотность интерференции создаваемой другими абонентами других базовых станций и данной БС:

, (31)



где *Itr*– плотность интерференции создаваемой другими абонентами других БС и данной БС (дБм/Гц).

.



Плотность теплового шума:

, (32)



где *N0* – плотность теплового шума (дБм/Гц);

*Nf* – значение шума в приемнике мобильной станции (дБ).

канал сота абонент пользователь

.



Отношение сигнал/шум + интерференция в трафик-канале:

, (33)



где *brr –* скорость передачи данных в трафик-канале обратного соединения (бит/с).

.



## 

## 1.3 Анализ емкости базовой станции

*CDMA* обладает некоторыми атрибутами способствующими к увеличению емкости станции, а именно:

- учет активности речи. Обычная средняя активность речи абонента составляет *35%* от полного времени его разговора. Остальное время занимают паузы, в течении которых абонент слушает собеседника. В *CDMA* все абоненты занимают один радиоканал. Поэтому когда кто-то из них не разговаривает, то создается меньше помех. Таким образом, сокращение активности речи уменьшает взаимные помехи, что позволяет увеличить емкость канала до трех раз. *CDMA* – единственная технология, использующая преимущества этого явления.

- увеличение канальной емкости за счет использования секторных антенн (секторизация). В *FDMA* и *TDMA* каждая сота делится на секторы для того, чтобы уменьшить влияние интерференционных помех. В результате транкинговая эффективность разделенных каналов в каждой соте ухудшается. В *CDMA* секторизация применяется для для увеличения емкости путем организации трех радиоканалов в трех секторах, и таким образом, емкость увеличивается в три раза по сравнению с теоретической емкостью при использовании одного радиоканала в соте. Поэтому имеется возможность подключить дополнительного абонента, при этом качество воспроизведения речи ухудшается незначительно по сравнению с обычным режимом. Например, если в соте *40* каналов и добавляется еще один, то разница в отношении несущая/интерференция *Eb/N0* составляет всего *10log(40+1)/40=0.24 дБ*;

- большим преимуществом *CDMA* перед остальными системами является то, что *CDMA* может многократно использовать полный спектр всех сот.

В случае когда количество абонентов равно *N*, *БС* принимает сигнал состоящий из необхомимого нам сигнала с мощностью *С* и *N-1* интерферирующих сигналов также с мощностью *С*. Отсюда отношение несущая к интерференции может быть выражено как:

, (34)



где С – уровень мощности требуемого сигнала;

I – уровень мощности интерференции

. (35)



В отличие от систем FDMA и ТDMA, в системе CDMA нас больше интересует отношение Eb/N0 чем отношение C/I.

Допустим, что:

R – cкорость передачи данных (в нашем случае 9600 bps);

W – ширина канала (1,25 МГц),

Тогда отношение между Eb/N0 может быть выражено как:

. (36)



Перемножая (36) и (37), получаем

. (37)



Выражение (37) определяет максимальное число абонентов в системе *CDMA* в зависимости от минимальной величины *Eb/N0*, необходимой для нормальной работы системы, которая для передачи цифрового голоса подразумевает *BER* (коэффициент битовой ошибки) равный *10-3* или меньше.

С учетом повторного использования частоты:

(38)



С учетом секторизации:

(39)



Формула (39) является конечной формулой для расчета емкости одной соты,

где *F=0.65* – эффективность многократного использования частоты;

*VAF=0.35* – средняя активность речи абонента;

*G=1* – коэффициент секторизации, для *120о* секторизации.

.



## 1.4 Исследование радиуса соты

Радиус соты можно получить, найдя расстояние на котором потери при распространении приводят к уровню сигнала равному требуемому, как функции загрузки соты.

Расчет бюджета радиолинии, для конкретной соты, требует нахождение величины максимальных приемлемых потерь *Lmax*. Так как потери при распространении пропорциональны длине радиолиниизначение *Lmax* выражает максимальную дистанцию радиолинии или другими словами эффективный радиус соты или сектора в определенном направлении.

Общее выражение для потерь, при распространи в *дБ* как функции расстояния:

, (40)



где *dkm* – расстояние в километрах;

*L1* – значение потерь для *dkm=1*;

*γ* – закон распределения энергии.

На краях соты, *dkm=Rkm* и потери равны *Lmax*. Таким образом, полное выражение для радиуса соты в километрах имеет вид

(41)



Решая общее выражение относительно *Rkm* получаем:

(42)



или

. (43)



Таким образом, для нахождения отношения между радиусом соты и трафиком соте, необходимо найти выражения для максимальных потерь при распределении *Lmax*. Эмпирическая формула для потерь была определена МСЭС (ITU-R)



где *hb* и *hm* высоты антенн базовой и мобильной станции в метрах;

*fМГц* – центральная частота в *МГц*;

(45)



*B=30-25log10* – коррекционный фактор (% площади покрытой зданиями).

Формула преобразования из модели условий распространения Окумура – Хата для малых и средних городов.

Таким образом,



Подставив данные в (46), получим



Таким образом, сравнивая выражения (40) и (47) находим значения для *L1* и *γ*,

*L1* = *123,63* и *γ=35,42/10=3,542.*

Теперь необходимо найти выражение для максимальных потерь при распределении *Lmax* относительнозагрузки соты. Для этого необходимо определить зависимость уровня сигнала от загрузки соты.

Обозначим средний уровень сигнала, требуемый при приеме *Рs* и минимальный необходимый при приеме уровень сигнала в отсутствии интерференции .



В соответствии с идеально отрегулированной по мощности моделью требуемое среднее значение принимаемого сигнала

, (48)



где отношение количества пользователей в соте (секторе) к максимальному количеству пользователей.



С учетом запаса по мощности в *дБм*

, (49)



.



Предположив, что база сигнала PG=128=21.1дБ и шумы приемника БС 5 дБ, следует что



Идеальное максимальное количество пользователей с учетом запаса мощности:

(51)



Отсюда следует, что максимально приемлемые потери при распределении, это потери, при которых при максимальной мощности передатчика мобильного терминала и различных усилениях и потерях не при распределении в обратном канале, приводят к тому, что на БС принимается требуемый уровень сигнала. Выражение, описывающее данное состояние следующее



(53)



определяет мощность мобильного терминала, которая была бы принята приемником БС в отсутствии потерь. Таким образом



, (54)



Подставляя типичные значения параметров обратного канала в (53), получаем

. (55)



Выражение для максимального ослабления при распространении как функции параметра загрузки сети *Х* имеет вид:



Если добавить в (56) детализированные потери из (54) с учетом запаса по мощности используемого в (49), тогда (56) можно выразить как



Теперь подставив (57) в качестве *Lmax* в (43) для того, чтобы получить желаемое выражение радиуса соты как функции загрузки сети



Это выражение показывает максимальный радиус соты доступной мобильному передатчику с мощностью рассмотренной в расчетах .



Найдем числовое выражение для радиуса соты, основываясь на выражении (56), используя модель МСЭС(ITU-R), численные значения параметров обратного канала, а так же предполагая, что высоты антенн БС *hb=28 m,* мобильной станции *hm=1.4 m* и 25% покрытием территории зданиями.

Принимаемая мощность без потерь при распространении:

.



Требуемая мощность принимаемого сигнала с учетом интерференции и без запаса по мощности равна:

(59)



*L1* = *123,63* и *γ=35,421/10=3,542.*

Подставляя все это в (58), получаем выражение с параметрами *Eb/N0*, *MdB*, *M*, *Mmax:*

,



.



Для того, чтобы показать зависимость радиуса соты от М (количества активных пользователей) при принятых значениях *Eb/N0* и запаса по мощности используем (60) для записи

(61)



Значения выбираются исходя из заранее выбранной надежности канала. Для ,запас мощности равен .



Используя выражение идеальной емкости системы (51) *Mmax,* для выражения радиуса соты (59) построим график для различных значений *MдБ* и *Eb/N0*.

,



.

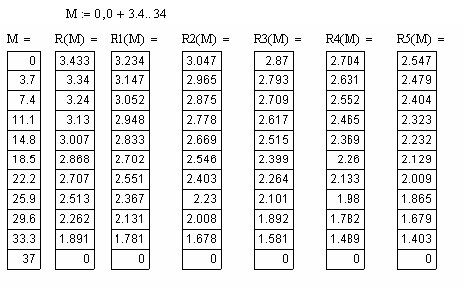


Рисунок 1– График зависимости радиуса соты от загрузки соты

# Заключение

В данной курсовой проекте била рассчитаны основные параметры мобильной телекоммуникационной сети стандарта CDMA.

Из построенных графиков видно, что требуемые значение *Eb/N0* и *MdB*, подбираемые из расчета надежности системы для обратного канала сильно влияют на размер соты. При высоких значениях надежности и соответственно отношения сигнал/шум и запаса по мощности, радиус соты начинает стремительно падать при определенных значениях емкости системы (количество активных пользователей). Так же из графика можно определить уровень снижения радиуса соты при определенном значении активных пользователей.

Исследование модели беспроводной сети позволяет спроектировать сеть исходя из типичных входных параметров, таких как: частота, мощность передатчиков, надежность системы, процент застройки и т.д. и спрогнозировать основные ее показатели, такие как емкость и зона покрытия.

Чем больше емкость соты, тем меньше ее радиус, т.к. увеличиваются суммарные интерференционные помехи внутри одной соты и из других сот, которые особенно проявляются в обратном канале.

При вычислении эффективного отношения сигнал/шум для пилот-канала, канала синхронизации и канала поискового вызова, необходимо вычислить мощность принятого сигнала и принятой интерференции по каждому каналу.

В данной курсовой работе я произвел расчет отношения сигнал/шум в трафик-каналах, пилот-канале, в поисковом канале и в канале синхронизации. Мощность, приходящая на одного абонента больше Эффективной мощности излучения трафик канала за счет высокого коэффициента усиления передающей антенны базовой станции и небольших потерь в фидере. Однако нам нужно рассчитать не только излучение трафика канала но также еще и канал синхронизации, пилот-канала и канала оповещения. Значение полной мощности значительно возросло по сравнению с мощностью в трафик канале на одного абонента. С учетом усилителя мощности занчение полной мощности заметно возрастает. Рассчитывая уже полную мощность принятую мобильной станцией, я учитываю, внимание, средние потери на трассе между БС и мобильной, допуск на теневые потери, потери в кабеле приемного терминала, отнимая эти значения, т.к. они приводят к ослаблению сигнала, а также учитываем коэффициент усиления на приеме мобильной станции. В данной курсовой работе было принято взять 4.4 хотя на самом деле на трассе потери самые большие и на порядок выше принятых.

Так как в канале 65 каналов, то я учитываю это в виде расчета интерференции от других пользователей в трафик-канале. Другими словами, я рассчитываю логарифмическую разность между эффективным излучением и мощностью на приемном терминале, за вычетом самой ширины канала. Мы видим, что интерференция имеет место, т.к. значение плотности интерференции создаваемой другими абонентами имеет положительное значение.

Интерференцию создаваемую другими базовыми станциями легко расчитать, достаточно учесть коэффициент переиспользования частоты. Складывая обе интерференции находим значение плотности интерференции для трафик-канала. Аналогично рассчитаю для пилот-канала, поискового канала и канала синхронизации. Далее нахожу отношение сигнал/шум+интерференция в каждом из каналов. С первой частью я справился. Далее рассчитываю обратное соединение мобильной станции с базовой станцией. Сперва рассчитываю мощность усилителя мобильной станции, которая рассчитывается как сумма полной излучаемой мощности антенны мобильной станции и коэффициента усиления передающей антенны мобильной станции учитывая потери в кабеле мобильной станции. Аналогично, рассчитываю мощность усилителя мобильной станции, плотность интерференции создаваемой другими абонентами в данной базовой станции, других базовых станций. Складываю обе интерференции складываю затем со значением сигнал/шум.

Рассчитаем емкость одной соты. Используя отношение уровня мощности требуемого сигнала к уровню мощности интерференции выразим через ширину канала, скорость передачи данных, несущая/интерференция. Действительно чем больше ширина канала, тем больше можно обслужить абонентов, зависимость прямо пропорциональная. Однако чем выше скорость передачи данных, тем большее качество необходимо обеспечить, зависимость обратоно пропорциональна. Чем больше отношение несущая/интерференция. В CDMA секторизация применяется для увеличения емкости путем организации трех радиоканалов в трех секторах, и, таким образом, емкость увеличивается в три раза по сравнению с теоретической емкостью при использовании одного радиоканала в соте. Поэтому имеется возможность подключить дополнительного абонента, при этом качество воспроизведения речи ухудшается незначительно по сравнению с обычным режимом. Это исключительная особенность CDMA.

# Список использованной литературы

1. Тихвинский В.О. Сети подвижной связи 3 поколения. Экономические и технические аспекты развития в России. –М : Радио и связь. 2001.
2. CDMA: прошлое, настоящее и будущее / под. ред. проф. Л.Е. Варакина и проф. Ю.С. Шинакова. – М, МАС, 2003.
3. В.В. Величко. Передача данных в сетях мобильной связи 3 поколения. –М. Радио и связь. Горячая линия – телеком. 2005.
4. Бабков В.Ю., Вознюк М.А., Дмитриев В.И. Системы мобильной связи / СПбГУТ. – СПб, 1999.
5. Громаков Ю.А. Стандарты и системы подвижной связи. –М. Радио и связь. 1999.