**ВАРИАНТ 7!!!!!!!**

**Лабораторная работа № 1**

**Расчет зоны покрытия для БС стандарта ТСС TETRA**

Цель работы: Приобрести навыки предварительной оценки зоны покрытия базовой станции на примере ТСС TETRA для заданного типа местности.

**Задание к лабораторной работе**

На основании описания, приведенного в краткой теории и приложении,  рассчитайте дальность связи для стандарта TETRA.

**Исходные данные для расчета:**

Тип местности: нечетные варианты – сельская, четные – город;

Вариант абонентской радиостанции: нечетные варианты – мобильная станция (МС), четные – портативная станция (ПС).

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Параметр** | **Базовая станция** | **Мобильная станция** | **Носимая (портативная) станция** |
| Несущая частота, МГц | 460+0,25\*Х,  где Х- номер варианта | 450+0,25\*Х  где Х- номер варианта | 450+0,25\*Х  где Х- номер варианта |
| Высота установки антенны, м | 45+Х,  где Х- номер варианта | 1,5 | 1,5 |
| Мощность передатчика Вт | 25 | 10 | 3 |
| Коэффициент передачи фидера, дБм | -6 | -2 | 0 |
| Статическая чувствительность приемника, дБм | -115 | -112 | -112 |
| Коэффициент усиления антенны, дБи | 6 | 0 | 4,6 |

Замечания.

1. Дальность связи в основном ограничивает канал от мобильной станции к базовой, так как мощность передатчика мобильной станции значительно меньше. Рассчитайте и сравните дальность связи в обоих направлениях.

2. При расчетах необходимо учитывать размерности единиц измерения. Например, в формулах для расчета потерь несущая частота измеряется в МГц, расстояние – в км, а высота подвеса антенн – в м.

**К вопросу проектирования систем TETRA**

На первом этапе проектирования определяют мощность сигнала, излучаемую в эфир. На втором - среднюю мощность сигнала на приемной антенне, при которой обеспечивается заданная чувствительность приемника. По результатам этих этапов определяют допустимый уровень потерь на трассе распространения радиосигнала. На третьем этапе выбирают модель расчета потерь на трассе и на ее основе строят зависимость потерь от расстояния. По данному графику определяют среднюю дальность радиосвязи с учетом запаса на обеспеченность связью по месту и времени.

Рассмотрим эту процедуру более детально.

*Излучаемая мощность сигнала*

где PS - мощность передатчика;

GА - коэффициент усиления антенны;

BС - коэффициент передачи фидера и других цепей между передатчиком и антенной.

*Необходимая мощность сигнала на приемной антенне:*

где PПР - чувствительность приемника;

GПА - коэффициент усиления приемной антенны;

BПС - коэффициент передачи фидера и других цепей между антенной и приемником;

ΔС - коэффициент обеспеченности связью по месту и времени.

Данный коэффициент вносит поправку для обеспечения с заданной вероятностью превышения мощности сигнала на входе антенны относительно среднего значения. Значение коэффициента определяется многими факторами, в том числе, характером распространения радиоволн, плотностью застройки территории, требуемой обеспеченности связью. Например, при с=0 дБ мощность сигнала на входе приемника будет превышать заданный уровень в 50% случаев приема, при с=10 дБ - в 90%.

Таким образом, допустимый уровень потерь на трассе распространения радиосигнала:

Для оценки потерь на трассе можно обычно используют модели распространения сигнала, в основе которых лежат серии измерений. Разные модели корректны только для определенных диапазонов исходных параметров (частоте, высоте подвеса антенн и др.). Воспользуйтесь для решения задания эмпирической моделью Хата.

Исходными данными для оценки потерь на трассе распространения служат:

hb - высота установки антенны базовой станции;

hm - высота установки антенны мобильной станции;

fc - несущая частота сигнала.

Модель Хата

Модель Хата основана на обширных эмпирических измерениях в городских условиях. В логарифмической форме, обобщенная модель может быть записана как

*Lp = -K1–K2log(f)+13.82 log(hb)+a(hm)-[44.9-6.55 log(hb)] log(d)-K0*    (1),

 где

*f* - несущая частота (в мегагерц),

*hb* - высота антенны (в метрах) передатчика,

*hm* -  высота антенны приемника (в метрах),

*d* - расстояние (в километрах) между базовой станцией и подвижным пользователем.

 Для этих параметров, имеются только некоторые пределы, в которых модель справедлива:  *hb* должна быть между 30 м и 200 м, *hm* – от 1 м до 10 м, и *d* – от 1 км до 20 км. Коэффициенты *a(hm)*и *K****0***используются при распространении радиоволн в «городском» или «плотном городском» окружении. В частности

|  |  |
| --- | --- |
| *a(hm) = [1.1 log(f)-0.7]hm-[1.56 log(f)-0.8]* | для города |
| *a(hm) = 3.2[log(11.75hm)]2 – 4.97* | для города с плотной застройкой |
| *K0= 0* | для города |
| *K0= 3dB* | для города с плотной застройкой |

Коэффициенты K1 и  K2 используются, чтобы учесть частотные диапазоны.

*K1= 69.55* для частотного диапазона *150 МГц  f   1000 МГц*,

*K1= 46.3*для частотного диапазона *1500 МГц  f   2000 МГц*

и

*K2= 26.16* для частотного диапазона *150 МГц  f   1000 МГц,*

*K2= 33.9* для частотного диапазона *1500 МГц  f   2000 МГц.*

**\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\***

Поскольку, как правило, энергетический потенциал радиолинии снизу вверх (от подвижного абонента к базовой станции) ниже, чем в обратном направлении, то оценку дальности связи целесообразно провести для данного направления при динамических условиях распространения сигнала.

С учетом условий распространения сигнала вычисляется допустимый уровень потерь на трассе (расстояние выбирается произвольно, например от 0,1 до 20 км), затем по графикам определяется дальности связи (проекция на ось абсцисс точки пересечения прямой допустимых потерь и графика зависимости потерь от расстояния).

Рисунок 1 – Пример определения расстояния>

**ПРИЛОЖЕНИЕ**

**ТЕХНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ РАДИОСТАНЦИЙ**

Помимо пользовательских функций и эргономики терминалы различаются по более важным техническим параметрам, в том числе по мощности и классу передатчика, чувствительности и классу приемника и т.д.

**Классы мощности**

Различают следующие классы мощности абонентских терминалов по стандарту TETRA: 4 (1 Вт), 3L (1,8 Вт), 3 (3 Вт), 2L (5,6 Вт) и 2 (10 Вт). Наиболее экономичным и эффективным является класс 4. Невысокая мощность портативной радиостанции увеличивает время её автономной работы. При мощности портативной радиостанции 1 Вт и благоприятной электромагнитной обстановке, сопряженной с эффективным базовым приемопередатчиком и антенным оборудованием возможно удаление от базовой радиостанции на расстояние 50км и более. Стоит упомянуть, что максимальное теоретически достижимое расстояние по спецификациям первой фазы стандарта TETRA составляет 58км и обусловлено величиной защитного интервала временного слота.

В рамках стандарта TETRA предусмотрен механизм автоматической регулировки мощности абонентской радиостанции, и при снижении уровня мощности принимаемого сигнала (RSSI) до уровня -74 дБм радиостанция переходит на максимальную мощность. Мобильная радиостанция с классом передатчика 3 (3 Вт) легко достигает максимальных границ зоны обслуживания базовой радиостанции и необходимости её работы на мощности, превышающей указанную величину, не существует. Минимальная мощность абонентских радиостанций TETRA составляет 15 мВт.

**Безопасность**  
Безопасность в сетях TETRA обеспечивается аутентификацией радиостанций и шифрованием радиопереговоров. Каждая радиостанция имеет уникальный TEI номер, присеваемый производителем. Инфраструктура TETRA может идентифицировать радиостанцию (аутентифицировать) путем опроса указанного номера TEI при регистрации радиостанции и начале сеанса.

Если рассматривать такую характеристику радиостанций как шифрование, то следует упомянуть, что различают сквозное шифрование E2E и шифрование TEA (алгоритмы TEA1...TEA4). Экспорт радиостанций с поддержкой алгоритма TEA2 (предназначен для служб общественного порядка Европейского союза) из ЕС запрещен, а алгоритмы TEA3, TEA4 могут использоваться с существенными ограничениями.

Кроме того, различают три класса шифрования: 1 – без шифрования, 2 – статические ключи шифрования, 3 – вычисляемые (derived) производные ключи шифрования. Максимальную защиту переговоров обеспечивает сквозное шифрование E2E, не зависящее от инфраструктуры.

**Класс приемника**

Также отметим, что в рамках стандарта TETRA существует классификация приемников абонентских радиостанций на классы: A, B, E. Класс приемника радиостанции оптимизирован под среду распространения радиосигнала. Дополнительным преимуществом абонентских радиостанций является принадлежность их приемника разным классам. Например класс В предназначен для городской среды, а класс А для горной местности. Тестирование и применение приемника радиостанции должно осуществляться именно в тех средах, для которых терминал разработан, что позволит максимально эффективно использовать его ресурсы.

Статическая чувствительность приемника абонентских радиостанций не может быть ниже -112 дБм, в то время как для базовых радиостанций TETRA этот показатель составляет -115 дБм.

Динамическая же чувствительность приемника абонентских радиостанций составляет -103 дБм, а для базовых радиостанций -106 дБм. Например, согласно стандарту TETRA, при уровне сигнала -103дБм для приемника класса В на незащищенном логическом канале уровень BER (Bit Error Rate) не должен превышать 2%, а MER (Message Erasure Rate) 11%. В свою очередь параметры голосового канала определены директивой ETS 300395 и составляют MER <2,2% для наиболее чувствительных битов (2 класс) при уровне сигнала -103 дБм для приемника класса В.

**Тип антенны**

Многие производители умалчивают реальные показатели коэффициентов усиления антенн портативных радиостанций, а при этом на границах зон обслуживания базовой радиостанции это может оказаться решающим фактором. Типичный коэффициент усиления антенн портативных радиостанций с четвертьволновой структурой составляет 4,6 dBd, а укороченной согласованной антенны 6,1 dBd. Для антенн мобильных радиостанций величина коэффициента усиления также важна. Идеально размещенная на крыше автомобиля четвертьволновая антенна обладает коэффициентом усиления не более 1 dBd, а коэффициент усиления типичной антенны составляет 2 dBd. Выигрыш в коэффициенте усиления антенны портативной радиостанции в 1,5 dBd позволяет увеличить дальность связи на 1,5 км.

Таблица 1 – Параметры портативных радиостанций стандарта TETRA

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Модель** | **Motorola MTP810Ex** | **Motorola MTP850Ex** | **EADS THR880iEx** | **Selex Puma T3Ex** |
| **Основные параметры** | | | | |
| Диапазоны частот, МГц | 380–430 | 380–430 | 380–400 410–430 | 380–430 410–470 |
| Габариты со стандартным АКБ (ВхШхГ), мм | 135х55х38 | 135х55х38 | 157х57х35 | 134х62х40 |
| Вес со стандартной АКБ, грамм | 400 | 400 | 292 | 335 |
| Стандартная АКБ | 725 мА·ч 7,2 В | 725 мА·ч 7,2 В | 1400 мА·ч | 1800 мА·ч 3,7В |
| Время автономной работы | до 12 ч | до 12 ч | до 12 ч | до 14 ч |
| Дисплей | Цветной, 130х130 пкс | Цветной, 130х130 пкс | Цветной, 130х130 пкс | Монохромный, 96x64 пкс |
| **Передатчик** | | | | |
| Класс ПРД | 4 класс | 4 класс | 4 класс | 4 класс |
| Мощность ПРД, Вт | 1 Вт | 1 Вт | 1 Вт | 1 Вт |
| **Приемник** | | | | |
| Класс приемника | А и В | А и В | А | А и В |
| Статическая чувств, дБм | -112 (-115 в среднем) | -112 (-115 в среднем) | -112 | -112 |
| Динамическая чувств, дБм | -103 (-107 в среднем) | -103 (-107 в среднем) | -103 | -103 |
|  |  |  |  |  |

**Дополнительные сведения Вы можете получить на сайтах**

[*http://www.tetra.su/manuals/infro/bs421.pdf*](http://www.tetra.su/manuals/infro/bs421.pdf)

[*Журнал "Технологии и средства связи" #6, 2008*](http://www.tssonline.ru/articles2/bypub/tss-6-2008)

**Требования к отчету**

 Расчеты могут быть выполнены в одном из пакетов: MathCAD  или MS EXCEL. Отчет должен содержать файл с вычислениями и файл с описанием решения задачи и выводами.

**Лабораторная работа № 2**

**Начальное планирование сети сотовой связи**

Цель работы: Приобрести навыки предварительного планирования сети связи оператора для заданного типа местности.

**Задание к лабораторной работе:**

1.    Внимательно прочитайте ПРИЛОЖЕНИЕ 3.

2.    Выполните задание:

Городская территория занимает площадь 3000+100\*N[[1]](file:///D:\\%D0%A1%D0%B8%D0%B1%D0%93%D1%83%D1%82%D0%B8\\7%20%D1%81%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D1%81%D1%82%D1%80\\%D0%A1%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D1%8B%20%D0%B8%20%D1%81%D0%B5%D1%82%D0%B8%20%D1%81%D0%B2%D1%8F%D0%B7%D0%B8%20%D1%81%20%D0%BF%D0%BE%D0%B4%D0%B2%D0%B8%D0%B6%D0%BD%D1%8B%D0%BC%D0%B8%20%D0%BE%D0%B1%D1%8A%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%B0%D0%BC%D0%B8\\labs.htm" \l "_ftn1" \o ") км2 и ох­вачена системой сотовой связи. В системе используются кластеры из семи сот. Каждая coтa имеет радиус 6 км. Полоса шириной 2x4,5 МГц выделена системе, работающей в режиме FDMA/FDD. Ширина одного канала составляет 30 кГц. Предположим, что вероятность блокировки в сотовой системе составляет 0,02. Пусть средняя интенсивность трафика одного пользователя составляет 0,03 Эрл. (т.е. среднестатистический пользователь каждые 100 мин. использует канал в течение 3 мин).

1)    Определите:

a. количество сот, необходимых для охвата связью всю область;

b. количество каналов в каждой соте;

c.   количество абонентов, обслуживаемых сотой и системой в целом;

d. количество пользователь на один канал;

e.   количество абонентов, которые могут быть одновременно обслужены;

f. процент количества абонентов, которые могут быть одновременно обслужены по отношению к общему числу абонентов.

2)    Составьте план распределения частот при заданных параметрах сети при использовании круговых антенн.

[[1]](file:///D:\\%D0%A1%D0%B8%D0%B1%D0%93%D1%83%D1%82%D0%B8\\7%20%D1%81%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D1%81%D1%82%D1%80\\%D0%A1%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D1%8B%20%D0%B8%20%D1%81%D0%B5%D1%82%D0%B8%20%D1%81%D0%B2%D1%8F%D0%B7%D0%B8%20%D1%81%20%D0%BF%D0%BE%D0%B4%D0%B2%D0%B8%D0%B6%D0%BD%D1%8B%D0%BC%D0%B8%20%D0%BE%D0%B1%D1%8A%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%B0%D0%BC%D0%B8\\labs.htm" \l "_ftnref1" \o ") N – номер варианта

**Лабораторная работа №3**

**Частотно-территориальное планирование сети сотовой связи GSM-900**

Цель работы: приобретение навыков работы с цифровой картой местности; выполнение расчетов, необходимых для оценки качества связи и зон обслуживания радиосети на основе реальных данных о рельефе местности.

Подготовка к лабораторной работе

1. Внимательно ознакомьтесь с  прилагаемым руководством программы RPS2.

2. Для выполнения работы используйте исходные данные, приведенные в конце описания лабораторной работы.

Номер варианта определяется последними цифрами зачетки: 1,3,5 – 1 вариант; 2,4 – 2 вариант; 7,9 – 3 вариант; 6,8 – 4 вариант.

Порядок выполнения работы

1.Задайте параметры сети: Cellular, радиостандарт – GSM (меню *Сеть – Параметры сети..*). Запишите выбранные и заданные по умолчанию параметры сети.

2. Выберите с помощью стрелок на панели инструментов программы местность для развертывания сети GSM.

Входе первоначального этапа планирования должны быть выбраны места расположения БС. Места расположения БС выбираются исходя из того, чтобы зоны покрытия БС закрывали основные крупныенаселённые пункты на всём протяжении трассы, а азимуты направления секторов выбирались исходя из того, чтобы полностью без промежутков покрыть всю местность.

Выберите произвольно место размещения БС и в режиме редактирования   нажмите левую клавишу мыши. Выберите пункт меню «Новое место». Запишите координаты БС.

3. В окне Параметры места/станции задайте параметры БС: имя - **BS#1,**число секторов 1, антенна - **OMNI,**высота антенны (таблица 1), поляризация – горизонтальная, приемопередатчик - (таблица 1), фидеры  default. Запишите все установленные параметры.

4. Задайте и запишите параметры абонента:      антенна –    OMNI,     поляризация – горизонтальная   (меню *Редактировать – Абонент*).

5. Проведите анализ рельефа местности: оцените потери при распространении до наиболее удаленной точки соты (меню *Просмотр – Выбор линии* – провести линию от БС#1 до любой точки на расстоянии 35 км от БС#1 и нажать левую клавишу мыши).

Запишите координаты позиций,  удаленных на 35  км  (максимальный радиус соты для GSM):

**Абонент#1:   долгота**Е ……..,  широта N …………

**Абонент#2:**долгота Е ………,  широта N………….

6. Выполните расчет зоны покрытия по модели Хаты (*Выполнить – Расчет покрытия*). Установите и запишите параметры системы при которых производятся расчет. В меню *Утилиты – Параметры объектов* …/*Главное окно* выберите легенду «Сигнал». Оцените и запищите мощность сигнала на территории покрытия.

6. Выполните расчет прямой видимости (меню *Выполнить – Расчет прямой видимости…*). В меню *Утилиты – Параметры объектов* …перейдите на закладку *Прямая видимость*. Оцените зоны наличия и отсутствия прямой видимости.

7. Добавьте еще две базовых станции BS#2 и BS#3. При необходимости измените масштаб. Рассчитайте зоны покрытия для каждой БС.

8. Для определения зоны наличия (отсутствия) связи для установленных БС необходимо выделить три БС с помощью прямоугольника (*Просмотр - Выбор прямоугольника*). Щелкните внутри прямоугольной области. В появившемся окне введите имя региона и  *добавьте* три БС в область региона. Затем правой клавишей мыши выберите режим «*Определение зоны наличия (отсутствия) связи***».**

9. Для расчета числа каналов БС наведите указатель мыши на участок между тремя БС и, нажав правую клавишу, выбрать «*Расчет числа каналов БС*». Задайте и запишите параметры для расчета числа абонентов. Запишите и проанализируйте полученные результаты для всех БС.

10. Определите уровень сигнала (Значок *Выбор трассы*, далее проведите трассу к абоненту, находящемся на расстоянии примерно 35 км. Затем щелкните правой клавишей мыши. В окне редактирования трассы задайте имя трассы и добавьте доступные БС. Щелкните правой клавишей  на трассе и выберите команду *Профиль трассы*(либо командой *Выполнить – Профиль трассы…*).  Определите уровень сигнала в дБм в двух различных местах (А6онент#1, Абонент#2), находящихся на расстоянии 35 км от BS#3. Для этого в окне Анализ профиля щелкните по кнопке , а затем .  Оцените уровень сигнала на трассе распространения и в точке приема мобильной станции, сравните его с чувствительностью приемника абонента **(-100**дБм). Сделайте выводы

11.   Выполните расчет по п. 10 при наличии препятствия в виде горы (mountain) высотой 450 м, длиной и шириной 1000 м. Для создания препятствия нажмите левую клавишу мыши и выберите «Новое препятствие».

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ:

Таблица 1

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Оборудование | Вариант 1 | Вариант 2 | Вариант 3 | Вариант 4 |
| Приемопередатчик | BS | TRx CV | ND950 | BS |
| Высота передающей антенны, м | 30 | 35 | 40 | 50 |

Таблица 2

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметры системы | Вариант 1 | Вариант 2 | Вариант 3 | Вариант 4 |
| Удельная нагрузка от одного абонента, Эрл | 0.04 | 0.03 | 0.05 | 0.025 |
| Вероятностьустановления соединения | 0.98 | 0.96 | 0.97 | 0.99 |
| Соединение | БС смакс.сигналом | БС с  макс.сигналом | Равновероятное | Равновероятное |
| Закон распределенияабонентов | Равномерный | Нормальный | Нормальный | Равномерный |

Формула для расчета числа каналов: Эрланга В.

**Содержание отчета**

1.Титульный   лист   с   названием   лабораторной   работы,   номером   варианта, фамилиями студентов и группы.

2.Цель работы и задание на лабораторную работу.

3.Цифровая карта местности с размещенными на ней БС,  препятствиями и абонентами.

4.Результаты выполнения каждого пункта лабораторной работы со скриншотами, параметрами сети и результатами расчетов.

5.Выводы по полученным данным расчетов.

6.Ответы на контрольные вопросы.

**Контрольные  вопросы**

1. Какая модель использовалась при расчете потерь мощности сигнала на трассе распространения?

2. Какова особенность антенн типа OMNI?

3.  Каково    максимальное    расстояние,    при    котором    еще    имеет   место уверенный прием сигнала в стандарте GSM-900?

4.  Какие   типы       препятствий   на   трассе   вызывают   наибольшие   потери мощности сигнала?

5. Какие параметры входят в модель Окамуры?

6.Назовите основные методы разнесения при разнесенном приеме.

7. Дайте определение дифракции радиоволн.

**Лабораторная работа №4**

**Частотно- территориальное планирование сети сотовой связи: электромагнитная совместимость и  потери при распространении**

Цель работы: В результате выполнения задания должно быть произведено размещение базовых станций на цифровой карте местности; выполнены расчеты, необходимых для оценки электромагнитной совместимости (ЭМС); расчет потерь в атмосфере и на деревьях.

**Подготовка к лабораторной работе**:

Изучите материалы лекции 5, касающиеся территориально – частотного планирования, и файл с описанием программы частотно-территориального планирования RPS2.

Нарисуйте распределение частотных групп для семи трехсекторных БС модели повторного использования частот в виде 1)кластера размерностью (3,9) и 2) кластера размерностью (4,12).

**Порядок выполнения**

        1. Создайте новый проект сети GSM в RPS2. Задайте число частотных групп равное 3 (*Сеть – Параметры… - Число частотных групп:   9*).

2. Выберите местность с городской застройкой, расположите произвольно на карте местности 7 базовых станций с трехсекторными антеннами запишите их координаты. Задайте параметры каждого сектора каждой БС:

BS#1:                       долгота Е……………      широта N ……………

BS#2:                       долгота Е ……………,    Широта N……………

В S # 3:                      долгота Е ……………,    широта N ……………

BS#4:                       долгота Е…………….,    широта N ……………

BS#5:                       долгота Е ……………,    широта N …………....

BS#6:                       долгота Е ……………,    широта N ……………

BS#7:                       долгота Е ……………,    широта N ……………

Например,  Базовая станция БС № 1 г. Бердск расположение С.Ш. 54°47' В.Д. 83°4' Сектор 1 - азимут 0°, угол наклона 0°, Н=35м. Сектор 2 - азимут 135°, угол наклона 0°, Н=35м. Сектор 3 - азимут 228°, угол наклона 0°, Н=35м.

3. Распределите частотные группы между секторами базовых станций согласно предварительно составленному плану.

 4. Произведите расчет электромагнитной совместимости для построенной модели в виде трехэлементного кластера сети GSM.

5. Создайте новый проект сети GSMс размерностью кластера (4,12). В параметрах сети укажите число частотных групп, равное 4 (*Сеть - Параметры - Число частотных групп: 12*).

6. Произведите расчет электромагнитной совместимости для модели в виде кластера (4,12) сети GSM**.**

 (BS#1 - частотная группа 1, BS#2, BS#5 -частотная группа 2, BS#3, BS#6 - частотная группа 3, BS#4, BS#7 - частотная группа 4). Сравните с вариантом

7. Произвести вспомогательные расчеты **(*Утилиты****- Вспомогательные расчеты):*

1) потери в атмосфере на соответствующих частотах (таблица 1) при заданном расстоянии и влажности   10 г/м ;

Таблица  1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Номер варианта | Расстояние, км | Частоты, МГц |
| 1 | 5 | 450     900      1900     2400     5200 |
| 2 | 10 |  |
| 3 | 20 |  |
| 4 | 35 |  |

2)   потери   в   атмосфере   для   соответствующих   расстояний   (таблица 2)   при заданной  частоте  и влажности   10г/м**;**

Таблица 2

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Номер варианта | Частота, МГц | Расстояния, км |
| 1 | 450 | 5      10      20      35      50 |
| 2 | 900 | 5      10      20      35      50 |
| 3 | 1900 | 5      10      20      35      50 |
| 4 | 5200 | 5      10      20      35      50 |

3)  потери  на деревьях для различных     высот деревьев на соответствующих частотах (таблица 3);

Таблица 3

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Номер варианта | Частота, МГц | Высота деревьев, м |
| 1 | 450 | 2      5       10     20      30 |
| 2 | 900 | 2      5       10     20      30 |
| 3 | 1900 | 2      5       10     20      30 |
| 4 | 5200 | 2      5       10     20      30 |

4) потери в атмосфере на соответствующих частотах (таблица 4) при заданной высоте деревьев;

Таблица 4

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Номер варианта | Высота деревьев, м | Частоты, МГц |
| 1 | 2 | 450      900      1900      2400      5200 |
| 2 | 5 |  |
| 3 | 10 |  |
| 4 | 20 |  |

8. По каждому из четырех пунктов вспомогательных расчетов построить график зависимости потерь (дБ) от соответствующего изменяемого параметра (изменяемый параметр, например, п. 1 - частота (МГц), откладывается по оси абсцисс).

**Содержание отчета**

1.Титульный лист с названием,  номером варианта, фамилией студента и номером группы.

2.Цель работы, исходные данные согласно варианту задания.

3.Схема распределения частотных групп для семи трехсекторных БС модели повторного использования частот  для кластера размерностью (3,9) и кластера размерностью (4,12).

4.Цифровая карта местности с размещенными на ней БС (скриншот).

5.Пошаговое описание работы со скриншотами и результатами расчетов.

6.Выводы по полученным результатам.

7.Ответы на контрольные вопросы.

**Контрольные вопросы**

1. Для    каких    систем    связи    (наземных   или    спутниковых)    поглощение мощности сигнала в атмосфере является наиболее существенным фактором?

2. Какие    характеристики   деревьев    наиболее    существенно    влияют    на затухание сигнала?

3. Дайте определение электромагнитной совместимости.

4. Дайте   определение   понятия    «кластер   сот».    В    чем   преимущества   и недостатки кластеризации сот?

5.С какой целью выполняется секторизациясоты?

6.Какой      фактор      является      наиболее      неблагоприятным      фактором, вызывающим потери мощности сигнала в атмосфере на частотах свыше 1 ГГц?

7. Дайте  классификацию   основных  типов   помех  в   системах   подвижной связи**.**

8. Какого типа помехи наиболее существенно ухудшают связь в диапазоне 800...900МГц, и что является их источником?