

Оглавление

Введение.....	4
1 Исходные данные	6
1.1 Проектирование сети подвижной связи	6
1.2 Пространственные параметры сети	6
1.3 Определение размера кластера	6
1.4 Расчет энергетического бюджета линий для линии вниз и линии вверх. 7	
2 Расчет параметров	8
2.1 Определение размера кластера	8
2.2 Расчет пространственных параметров СПС.....	10
2.2.1 Расчет общего числа частотных каналов, выделяемых для развертывания сети	11
2.2.2 Расчет телефонной нагрузки.....	11
2.2.3 Расчет количества абонентов в одной ячейке.....	12
2.2.4 Расчет общего числа базовых станций	12
2.2.5 Расчет радиуса зоны покрытия одной базовой станции.....	12
2.2.6 Локализация на карте	12
2.3 Оценка энергетического бюджета линий	15
2.3.1 Расчет суммарных потерь	16
2.3.2 Расчет потерь сигнала от базовой станции до абонентской.....	18
Заключение	21
Список литературы	22

Введение

Целью курсовой работы является изучение особенностей построения и планирования сетей подвижной связи (СПС) на примере цифровой сотовой СПС поколения 2G (GSM).

GSM (Global System Of Mobile Communications) — глобальный стандарт цифровой сотовой связи, обладающий сегодня наибольшим покрытием.

Современные технологии сотовой связи позволяют мобильному устройству по-разному взаимодействовать с выбранной сетью. Благодаря встроенному передатчику сигнала телефон получает возможность совершать и принимать вызовы, отправлять SMS, а также подключаться к интернету. Все эти функции на базовом уровне обеспечиваются общепринятым стандартом связи GSM.

Сеть GSM, как правило, относится ко второму поколению сотовых сетей интернета (2G) и поддерживает 4 вида частот на 850, 900, 1800 и 1900 МГц. В данной работе будет использоваться частота 900 МГц.

Дальность действия GSM-сети ограничивается 120 км, что на сегодняшний день не является проблемой ввиду большого распространения вышек сотовой связи. Тем не менее, достаточно низкая по современным стандартам скорость передачи данных (около 171,2 кбит/с) является главным недостатком GSM.

Основные элементы, входящие в состав системы GSM:

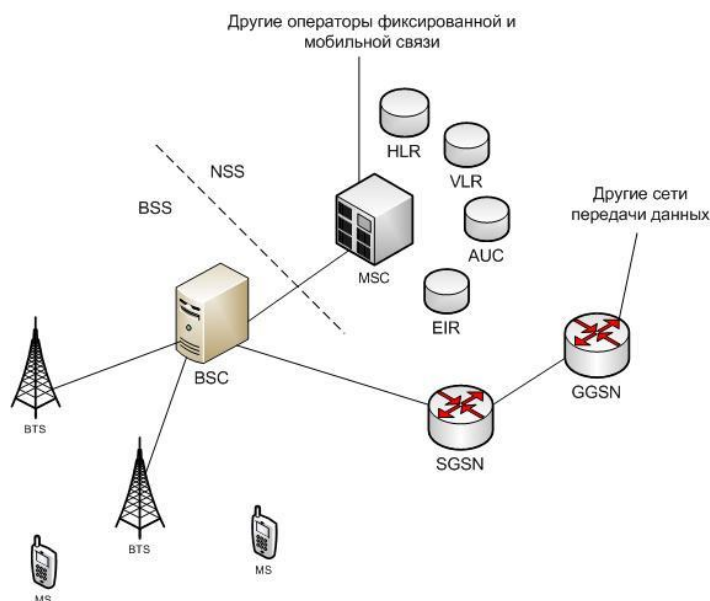


Рис. 1 – Структура системы сотовой связи стандарта GSM

Сеть GSM делится на 2 системы. Каждая из этих систем включает в себя ряд функциональных устройств, которые, в свою очередь являются компонентами сети мобильной радиосвязи.

Данными системами являются:

- Система коммутации – Network Switching System (NSS)
- Система базовых станций - Base Station System (BSS)

Система NSS выполняет функции обслуживания вызовов и установления соединений, а также отвечает за реализацию всех назначенных абоненту услуг. NSS включает в себя следующие функциональные устройства:

- Центр коммутации мобильной связи (MSC)
- Домашний регистр местоположения (HLR)
- Визитный регистр местоположения (VLR)
- Центр аутентификации (AUC)
- Регистр идентификация абонентского оборудования (EIR).

Система BSS отвечает за все функции, относящиеся к радиоинтерфейсу. Эта система включает в себя следующие функциональные блоки:

- Контроллер базовых станций (BSC)
- Базовую станцию (BTS)

MS (т.е. телефон абонента) не принадлежит ни к одной из этих систем, но рассматривается как элемент сети.

Процесс частотно-территориального планирования сети является важнейшим этапом проектирования сетей подвижной связи. В ходе планирования выбираются структура сети, места размещения базовых станций, рассчитывается возможность обеспечения радиопокрытия с заданным качеством связи, разрабатывается частотный план распределения радиоканалов для базовых станций, формируются зоны обслуживания для каждой базовой станции и сети в целом, минимизируются внутрисистемные помехи.

1 Исходные данные

1.1 Проектирование сети подвижной связи

Таблица 1.1

N четное ($N = 4$)	
<ul style="list-style-type: none">▪ GSM▪ Кол-во радиоканалов на один сектор – 2▪ Количество секторов в соте – 3	

1.2 Пространственные параметры сети

Таблица 1.2

S	Площадь зоны обслуживания, км ²	$300 + 40 N$	860
N_a	Число абонентов	$25000 + 3000 N$	67000
$\beta_{аб}$	Активность абонента в ЧНН, Эрл	$0,022 + 0,0005 N$	0,029
P_e	Допустимая вероятность блокировки вызова, %	$0,02 - 0,0005 N$	0,013
N_c	Количество радиоканалов на один сектор	1 – если N нечетное 2 – если N четное	2

1.3 Определение размера кластера

N - номер варианта

Таблица 1.3

А. Отклонение величины уровня сигнала в месте приема, дБ	$\sigma = 4 + 0,6 N$, дБ	12,4
В. Требуемое отношение сигнал/шум	$C/I = 9$ дБ	9
С. Допустимая вероятность невыполнения требований по отношению сигнал/шум.	$p_d(K) = 8 + 0,25 N$, %	11,5

Секторность соты = 3 (т.к. N четное).

1.4 Расчет энергетического бюджета линий для линии вниз и линии вверх

Исходные данные приведены в таблице 1.4. Числа mn , определяющие вариант - последние две цифры номера зачетной книжки. Здесь БС- базовая станция, АС- абонентская станция.

Таблица 1.4.

Периметр	Линия БС-АС	Линия АС-БС
Частота	GSM	
Мощность передатчика, Вт	$10,00 + 0,3 mn$ ($mn = 08$) 12,4	$0,05 + 0,01 mn$ 0,13
Потери в фидере антенны, дБ	$0,50 + 0,01 mn$ 0,58	-
Потери в дуплексном фильтре, дБ	$2,50 + 0,02 mn$ 2,66	-
Потери в дуплексоре	$3,00 + 0,05 mn$ 3,4	-

Коэффициент усиления антенны, дБи	$10,00 + 0,1 \text{ мп}$ 10,8	-
Чувствительность приемника, дБм	$-100,00 + 0,05 \text{ мп}$ -99,6	$-100,00 + 0,05 \text{ мп}$ -99,6
Потери при проникновении в здание, дБ	$7,00 + 0,02 \text{ мп}$ 7,16	
Потери в теле абонента, дБ	$2,50 + 0,01 \text{ мп}$ 2,58	
Поправка, связанная с требуемым процентом покрытия местоположений (0,75%), дБ	2,72	

2 Расчет параметров

2.1 Определение размера кластера

Первым этапом расчета является определение размера кластера сети подвижной связи.

В сети GSM под сотовым (частотным) кластером понимается группа примыкающих друг к другу сот, в пределах которой повторное использование одних и тех же частот недопустимо из-за превышения порогового уровня взаимных помех. При построении частотного кластера в сетях GSM используется жесткое назначение групп частот в сотах (секторах) базовых станций, входящих в состав частотного кластера.

Исходя из размера кластера K оценивается соответствие требованиям по допустимому отношению сигнал/шум (C/I) в точке приема по далее описанному алгоритму. Критерием при выборе частотного кластера является выполнение требований по допустимому отношению сигнал/помеха.

Вероятность невыполнения требований по допустимому отношению сигнал/помеха в точке приема оценивает устойчивость связи при перемещении подвижного абонента в зоне обслуживания сети. Обычно вероятность принимают равной 0,1...0,15.

Пусть размер кластера $K = 19$.

Вероятность невыполнения требований по отношению С/І рассчитывается на основе соотношения:

$$p(K) := \left(\frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot \int_{x_1}^{\infty} \exp\left(\frac{-x^2}{2}\right) dx \right) \cdot 100 = 9.638$$

где

$$x_1 := \frac{\left(10 \cdot \log\left(\frac{1}{\beta}\right) - r\right)}{\sqrt{\sigma^2 + \sigma n^2}} = 1.302$$

$$r := \frac{C}{I} \quad r := 9$$

$\sigma := 12.4$ – отклонение величины уровня сигнала в точке приема;

$$\beta := (\beta_1 + \beta_2) \cdot \exp\left(0.053 \cdot \frac{(\sigma^2 - \sigma n^2)}{2}\right) = 7.293 \cdot 10^{-4}$$

– относительный уровень суммарной помехи по основному каналу приема;

$$\sigma n := \sqrt{\frac{1}{0.053} \cdot \ln \left(1 + \left(\exp(0.053 \cdot \sigma^2) - 1 \right) \cdot \frac{(\beta_1^2 + \beta_2^2)}{(\beta_1 + \beta_2)^2} \right)} = 11.885$$

– отклонение величины уровня суммарной помехи по основному каналу приема;

$M := 3$ – секторности соты

В кластерах с несекторизованными сотами близкорасположенных станций шесть; при наличии 3-х секторов в соте – две, поэтому

$$j := 2$$

$$\beta_1 := (q + 0.7)^{-4} = 2.159 \cdot 10^{-4}$$

$$\beta_2 := q^{-4} = 3.078 \cdot 10^{-4}$$

Ослабление мешающих сигналов q определяется защитным отношением в зависимости от размерности кластера K

$$q := \sqrt{3 \cdot K} = 7.55$$

Значение вероятности невыполнения требований по отношению С/Л вычисляем и проверяем удовлетворение требований допустимому отношению сигнал/шум (С/І) в точке приема.

Если $p_d(K) \leq p(K) < 2\%$, то необходимо изменить размерность кластера и выполнить вычисления заново. Отметим, что чем больше размерность кластера, тем меньше взаимные помехи на совпадающих частотах.

Условие $2 \leq p(K) < p_d$ выполняется.

2.2 Расчет пространственных параметров СПС

Сети подвижной связи проектируются с учетом множества различных параметров. Пространственные параметры сети зависят от допустимой телефонной нагрузки при заданной вероятности отказа в обслуживании. Анализ трафика позволяет определить необходимую ширину полосы пропускания каналов передачи данных и голосовых вызовов. СПС, спроектированная надлежащим образом, имеет низкий коэффициент блокирования вызовов и высокий уровень использования канала.

Планирование сетей сотовой связи GSM и 3G (WCDMA) осуществляется для оказания в первую очередь тотальной услуги, т.е. исходя из заданной абонентской нагрузки по передаче речи в час наибольшей нагрузки (ЧНН). При планировании сетей сотовой связи для расчета абонентской нагрузки при передаче речи с коммутацией каналов обычно используют модель системы с отказами.

Планирование систем WCDMA, например, отличается от планирования систем GSM тем, что определение допустимого числа каналов трафика,

приходящихся на сектор базовой станции, производится по результатам анализа обратного канала связи.

К пространственным параметрам СПС относятся:

- число базовых станций (БС) в проектируемой сети;
- радиус соты;
- число абонентов, обслуживаемых одной базовой станцией.

2.2.1 Расчет общего числа частотных каналов, выделяемых для развертывания сети

$$n_k = MKN_c$$

$$M = 3, K = 19, N_c = 2, n_k = 114$$

где N_c - количество радиоканалов на один сектор, $N_c=2$.

Тогда минимальная полоса частот необходимая для развертывания сети

$\Delta F = n_k f_k$, где $f_k = 200 \text{ кГц} = 0.2 \text{ МГц}$ - полоса частот, занимаемая одним частотным каналом в GSM.

$$\Delta F = 22,8 \text{ МГц}$$

Общее число разговорных каналов в одном секторе можно рассчитать по следующей формуле:

$N_s = n_a n_c = 8$, где $n_a = 8$ - число разговорных каналов на одну несущую, т.к. используется стандарт GSM.

2.2.2 Расчет телефонной нагрузки

Выполним расчет телефонной нагрузки на один сектор соты.

Для $P_b := 0.013$

$$N_n := 7$$

$$P_b \leq \sqrt{\frac{2}{N_n \cdot \pi}}$$

$$A := Nn \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \left(Pb \cdot \sqrt{Nn \cdot \frac{\pi}{2}} \right)^{\frac{1}{Nn}}} \right) = 2.789$$

где N_n - число каналов для передачи трафика;

P_B - допустимая вероятность блокировки вызова (табл.1).

2.2.3 Расчет количества абонентов в одной ячейке

$$\beta_{ab} := 0.029$$

$$N_{ab} := \frac{A}{\beta_{ab}} \cdot M = 288.552$$

где β_{ab} - телефонная активность одного абонента в час наибольшей нагрузки (ЧНН) из табл.1.

2.2.4 Расчет общего числа базовых станций

$$N_{bc} = N_a / N_{ab} = 67000 / 288.552 = 232.194$$

где N_a общее число абонентов.

2.2.5 Расчет радиуса зоны покрытия одной базовой станции.

$$S := 860$$

$$N_{bc} := 232.194$$

$$R_c := \sqrt{\frac{2}{3 \cdot \sqrt{3}} \cdot \frac{S}{N_{bc}}} = 1.194$$

где S - площадь территории, на которой проектируется сеть.

2.2.6 Локализация на карте

Произведя анализ рельефа местности и застройки территории, можем дать характеристику выбранной для планирования сети области: город Орск с низкой плотностью населения на равнинной местности.

На карту выбранной территории нанесли сетку ячеек в соответствии с выполненным расчетом, выделили кластер.

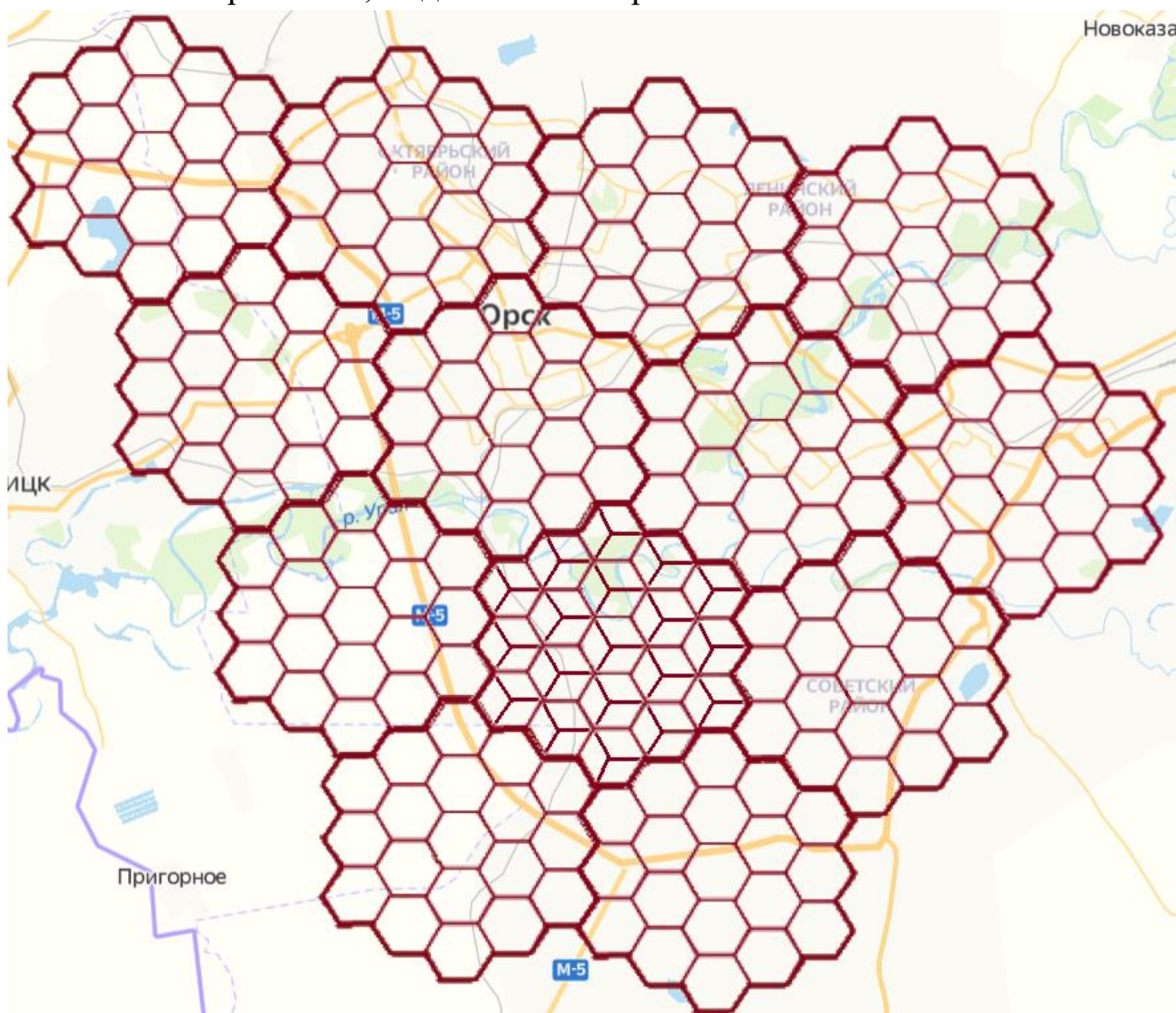


Рис. 2.1 – Карта территории

В цифровом стандарте GSM-900 диапазон частот от 890 до 915 МГц от телефона к базовой станции и от 935 до 960 МГц от базовой станции к телефону.

Распределение частот по кластеру с шагом $22,8/57 \text{ МГц} = 0,4 \text{ МГц}$, где $\Delta F = 22,8 \text{ МГц}$ и 57 – количество секторов в одном кластере.

От телефона к базовой станции:

Таблица 2.1

Сектор	Частота, МГц
1	890,4
2	890,8
3	891,2

От базовой станции к телефону:

Таблица 2.2

Сектор	Частота, МГц
1	935,4
2	935,8
3	936,2

4	891,6
5	892,0
6	892,4
7	892,8
8	893,2
9	893,6
10	894,0
11	894,4
12	894,8
13	895,2
14	895,6
15	896,0
16	896,4
17	896,8
18	897,2
19	897,6
20	898,0
21	898,4
22	898,8
23	899,2
24	899,6
25	900,0
26	900,4
27	900,8
28	901,2
29	901,6
30	902,0
31	902,4
32	902,8
33	903,2
34	903,6
35	904,0
36	904,4
37	904,8
38	905,2
39	905,6
40	906,0
41	906,4
42	906,8
43	907,2
44	907,6
45	908,0
46	908,4

4	936,6
5	937,0
6	937,4
7	937,8
8	938,2
9	938,6
10	939,0
11	939,4
12	939,8
13	940,2
14	940,6
15	941,0
16	941,4
17	941,8
18	942,2
19	942,6
20	943,0
21	943,4
22	943,8
23	944,2
24	944,6
25	945,0
26	945,4
27	945,8
28	946,2
29	946,6
30	947,0
31	947,4
32	947,8
33	948,2
34	948,6
35	949,0
36	949,4
37	949,8
38	950,2
39	950,6
40	951,0
41	951,4
42	951,8
43	952,2
44	952,6
45	953,0
46	953,4

47	908,8
48	909,2
49	909,6
50	910,0
51	910,4
52	910,8
53	911,2
54	911,6
55	912,0
56	912,4
57	912,8

47	953,8
48	954,2
49	954,6
50	955,0
51	955,4
52	955,8
53	956,2
54	956,6
55	957,0
56	957,4
57	957,8

2.3 Оценка энергетического бюджета линий

Следующим этапом планирования является расчет параметров передатчиков базовых станций. Определение мощности передатчиков производится при условии, что высоты подвеса антенн базовых станций и абонентских устройств заданы. Модель Окамура – Хата может применяться для полосы частот 500 –1500 МГц;

Типовые значения для расчетов: высота антенны базовой станции от 30 до 200 м, высота антенны подвижной станции от 1 до 10 м и расстояние между ними от 1 до 20 км.

Исходными для расчета являются следующие параметры.

Антенны базовых станций в черте города размещены на 18-этажных зданиях высотой около 50 м. Для обеспечения устойчивой связи в прилегающих районах антенна приподнята на 10 м над уровнем крыши. Следовательно, можно считать $h_{\text{прд}} = 60$ м. Абонентские подвижные станции преимущественно размещаются на улицах, высоту $h_{\text{прм}}$ можно выбрать от 1...10 м. Расстояние от БС до АС, примерно равно радиусу соты. Несущая частота и частотные диапазоны выбираются в зависимости от стандарта, для которого делается расчет.

2.3.1 Расчет суммарных потерь

Суммарные потери радиосигнала при распространении радиоволн от базовой станции к абонентской станции определяются как:

$$L_{BC-AC} = P_{BCизл} - P_{min-AC} - Z_{BC-AC},$$

$$L_{AC-BC} = P_{ACизл} - P_{min-BC} - Z_{AC-BC},$$

где L_{BC-AC} зависят от высоты подвеса антенн над уровнем земли h_{BC} и h_{AC} , длины радиолинии R_{BC-AC} и R_{AC-BC} , района планирования сети (город, пригород, село);

$P_{BCизл}$ и $P_{ACизл}$ - эквивалентная изотропно излучаемая мощность БС и АС соответственно;

P_{min-BC} и P_{min-AC} - необходимая мощность полезного сигнала для 50% вероятности обеспечения связью;

Z_{BC-AC} и Z_{AC-BC} - запас по потерям в линии.

Выражения в левой части формул, представляют суммарные потери при распространении радиоволны от БС к АС и от АС к БС.

В реальных условиях распространения радиосигнала на местности величина затухания зависит от комплекса факторов, определяющих характер распространения радиоволн. К ним относятся:

- отражение сигнала от объектов, имеющих размеры, превосходящие длину радиоволны;
- дифракция радиоволн, для которой характерно преломление радиосигнала на пути распространения;
- рассеивание радиосигнала, которое происходит при наличии на местности большого числа объектов, размером меньше длины радиоволны (например, лиственные деревья);
- эффект Доплера, имеющий место при перемещении подвижного объекта.

Расчет запаса Z_{BC-AC} и Z_{AC-BC} определяется следующими дополнительными потерями при распространении радиоволн:

- потери, связанные с проникновением волны в здание L_b ;
- потери в теле абонента W_a ;
- поправка, связанная с требуемым процентом покрытия местоположений C_1 .

Примем, что $Z = L_b + W_a + C_1$. Данные для расчета - в таблице 2.

$$Z = 7,16 + 2,58 + 2,72 = 12,46 \text{ дБ}$$

Эффективная изотропно-излучаемая мощность - мощность, с которой должна излучать ненаправленная антенна вместо направленной, чтобы в направлении максимума излучения ненаправленной антенны уровень сигнала был такой же, как при приеме от направленной антенны.

Эквивалентная изотропно излучаемая мощность (ЭИИМ) - произведение мощности радиочастотного сигнала, подводимого к антенне, на абсолютный коэффициент усиления изотропной антенны.

Изотропная антенна - воображаемая антенна без потерь, излучающая равномерно во все стороны. Абсолютный коэффициент - это коэффициент усиления антенны, если эталонной антенной является изотропный излучатель, именно её указывают производители в характеристике антенны.

Эквивалентная изотропно излучаемая мощность ЭИИМ определяется выражением:

$$P_{\text{изл}} = P + G_{\text{и}} + F(\phi, \Delta) + \eta_{\text{ф}} + \eta_{\text{дф}} + \eta_{\text{дип}},$$

где P - мощность на выходе передатчика, дБ; $G_{\text{и}}$ - коэффициент усиления передающей антенны относительно изотропной антенны, дБ; разница между КУ относительно изотропной антенны и КУ относительно дипольной антенны составляет 2,15 дБ; т.е. $G_{\text{д}} = C_{\text{и}} - 2,15$.

$\eta_{\text{ф}}$ - потери в фидере передающей антенны, дБ;

$\eta_{\text{дф}}$ - потери в дуплексном фильтре;

$\eta_{\text{дип}}$ - потери в дуплексоре;

$F(\phi, \Delta)$ - коэффициент, учитывающий снижение излучаемой мощности, обусловленное диаграммой направленности. В главном направлении этот коэффициент равен нулю.

Необходимая мощность полезного сигнала для обеспечения приема в случае 50% местоположений равна:

$$P_{\text{min}} = P_{\text{ч}} - G_{\text{и}} + \eta_{\text{ф}} + \eta_{\text{дип}},$$

где $P_{\text{ч}}$ – чувствительность приемника, равная $P_{\text{ч}} = -174 + 10 \lg(f_k) + C/N + NF$, где f_k – ширина полосы частот, занимаемая одним частотным каналом в системе GSM, МГц, $C/N = 9$ дБ – отношение мощности несущей к мощности шума, требуемое на входе демодулятора; NF – коэффициент шума приемника, дБ.

2.3.2 Расчет потерь сигнала от базовой станции до абонентской станции

Далее произведем расчет потерь сигнала от базовой станции (БС) до абонентской станции (АС) на основе статистических моделей Окамура — Хаты.

Среднее затухание радиосигнала в городских условиях рассчитывается по эмпирической формуле:

$$L_{\Gamma} = 69,55 + 26,16 \lg f - 13,821 \lg h_{\text{прд}} - A(h_{\text{прм}}) + (44,9 - 6,55 \lg h_{\text{прд}}) \lg d,$$

где $f = 150 \dots 1500$ МГц - частота радиосигнала; $h_{\text{прд}} = 30 \dots 200$ м - высота передающей антенны; $h_{\text{прм}} = 1 \dots 10$ м - высота приемной антенны; $d = 1 \dots 20$ км - расстояние между антеннами; $A(h_{\text{прм}})$ - поправочный коэффициент для высоты антенны подвижного объекта, зависящий от типа местности:

$$\text{для больших городов} \quad A(h_{\text{прм}}) = 3,2[\lg(11,75h_{\text{прм}})]^2 - 4,97.$$

Исходными для расчета являются следующие параметры. Системы связи стандарта GSM 900. Частоты передачи и приема в зависимости от канала связи находятся в диапазоне 862—960 МГц, поэтому примем $f = 900$ МГц, $h_{\text{прм}} = 10$ м, $h_{\text{прд}} = 60$ м, $d = 2,39$ км.

$$\text{Для больших городов} \quad A(10) = 3,2(2,07)^2 - 4,97 = 8,74$$

$$L_{\Gamma} = 69,55 + 26,16 \cdot 8,95 - 13,821 \cdot 1,78 - 8,74 + (44,9 - 6,55 \cdot 1,78) \cdot 0,38 = 69,55 + 234,132 - 24,6 - 8,74 + 33,241 \cdot 0,38 = 282,97$$

Рассчитываем ЭИИМ $P_{\text{БСизл}}$ и $P_{\text{АСизл}}$ и необходимую мощность полезного сигнала $P_{\text{min-БС}}$ и $P_{\text{min-АС}}$. Все полученные данные сводим в таблицу и получаем данные по оценке энергетического бюджета линий.

$$P_{\text{БСизл}} = 12,4 + 10,8 + 0 + 0,58 + 2,66 + 3,4 = 29,84$$

$$P_{\text{АСизл}} = 0,13$$

$$P_{\text{ч}} = -174 + 10 \cdot 4,3 + 9 - 99,6 = -221,6$$

$$P_{\text{min-BC}} = -221,6 - 10,8 + 0,58 + 3,4 = -228,42$$

$$P_{\text{min-AC}} = -221,6$$

$$L_{\text{BC-AC}} = 29,84 + 221,6 - 12,46 = 238,98$$

$$L_{\text{AC-BC}} = 0,13 + 228,42 - 12,46 = 216,09$$

Далее, исходя из полученных данных (мощность на выходе передатчика P и пр.) выбираем оборудование базовой станции, которое может быть установлено в проектируемой сети.

Управление базовыми станциями предусматривается осуществлять с помощью существующего контроллера базовых станций, находящегося в г. Орске.

Состав основного оборудования базовой станции:

Таблица 2.3

Наименование	Количество
Приемопередающая базовая станция стандарта GSM-900 Alcatel A9100 medi фирмы Alcatel (Франция)	1
Антенна приемопередающая диапазона 900 МГц RFS APX86- 909015- СТО фирмы RFS (Германия), двойной поляризации, 16,8dBi, габаритные размеры 2600x312x120 мм.	3
Устройство электропитания связи ЭС-48/150 производства ООО "Специальные электросистемы" г.С.Петербург с выпрямителями APR 12/48 и аккумуляторами A412/120 фирмы EXIDE Technologies в количестве 8 штук.	1
Коробка распределительная KVK фирмы "Krone" (Германия)	1
Стойка телекоммуникационная 19"REC-37B "AESP"	1
Модем оптический FlexGain FOM-4E1 фирмы Nateks	3
Кондиционер Mitsubishi Electric	2
Модуль управления кондиционерами УРК-2	1
Охранно-пожарная сигнализация "Гранит-4"	1

Проектируемая БС имеет трехсекторную структуру, т.е. необходимо как минимум три антенны. Будем использовать приемопередающие антенны RFS APX86–909015–СТО фирмы RFS (Германия).

Основные характеристики антенны:

Таблица 2.4

Характеристика	Тип антенны RFS APX86–909015–СТО
Диапазон частот, МГц	870... 960
Входное сопротивление, Ом	50
Тип разъема	7/16 Female
Поляризация	$\pm 45^\circ$
Максимальная мощность, Вт	500
Коэффициент усиления, дБ	16
Габариты, мм	2900x370x225
Вес, кг	10,1

Расчет параметров был выполнен в приложении Mathcad.

Заключение

В курсовой работе было выполнено частотно-территориальное планирование сети GSM для небольшого города. В процессе выполнения работы было рассчитано количество сот и базовых станций, число частотных каналов, проведена оценка энергетического бюджета линий. Также были рассчитаны суммарные потери радиосигнала при распространении радиоволн.

Список литературы

1. Сотовые системы мобильной радиосвязи: учеб. пособие / 2-е изд., перераб. и доп. Цикин И. А., Бабков В.Ю. - С.-П., БВХ- Петербург, 2013, 432 стр.
2. Бабков В.Ю. Вознюк М.А. Михайлов П.А. Сети мобильной связи. Частотно-территориальное планирование. - С.-П., Горячая линия-Телеком, 2006. 536 стр.
3. Драганов В.М., Маковеев Д.А. Элементы частотно-территориального планирования сетей сотовой связи. Методическое руководство к лабораторной работе № 65. - Одесса, Одесская национальная академия связи им. А.С. Попова, 2009, стр. 32.
4. М.М. Маковеева, Ю.С. Шинаков Системы связи с подвижными объектами - М.: Радио и связь, 2002, 439 стр.
5. Портал о современных технологиях мобильной и беспроводной связи. [Электронный источник] / <http://1234g.ru/4g/lte/planirovanie-setej-lte/313-chastotnoe-planirovanie> (Дата обращения 18.04.2020).
6. Частоты сотовой связи GSM900, DCS1800, 3G/UMTS900, 3G/UMTS2100, 4G/LTE800, 4G/LTE2500. [Электронный источник] / <http://mobilebooster.ru/post/102/mobile-frequencies/> (Дата обращения 19.04.2020)