

**МИНИСТЕРСТВО ПО РАЗВИТИЮ ИНФОРМАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ И КОММУНИКАЦИЙ РЕСПУБЛИКИ
УЗБЕКИСТАН**

**ТАШКЕНТСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ ИМЕНИ МУХАММАДА АЛ-ХОРАЗМИ**

Кафедра «Технологии мобильной связи»

Методические указания

по выполнению

курсовой работы

по теме:

«ПЛАНИРОВАНИЕ РАДИОСЕТЕЙ UMTS И LTE»

по направлению бакалавриата:

5350100 – Телекоммуникационные технологии (Телекоммуникации,

Телерадиовещание, Мобильные системы),

по дисциплине «Оптимизация и планирование сложных

сотовых систем связи»

Ташкент 2020

Авторы: Хатамов А.П., Мадаминов Х.Х., Ахмедов Б.И. Методические указания по выполнению курсовой работы по теме: «Планирование радиосетей UMTS и LTE»/ ТУИТ. 41с.. Ташкент, 2020.

Системы мобильной связи находятся в процессе бурного развития. Изучение этих процессов, информированность в вопросах развития мобильных технологий, весьма важны для стратегии внедрения и развития систем мобильной связи в нашей стране. В этой связи, данная работа будет весьма полезной при подготовке квалифицированных специалистов в области мобильной связи. Немаловажен факт изучения планирования и оптимизации радиосетей современных систем связи.

Данная курсовая работа посвящена планированию радиосетей UMTS и LTE, в которой приводится расчет параметров сетей GSM, LTE, WCDMA, оценка допустимой скорости передачи в канале, расчет бюджета радиолиний системы WCDMA, планирование и расчет радиосетей LTE, определение уровня суммарного шума приемника базовой станции сотовой связи, а также расчет оптимального уровня помех в зоне действия сотовой связи GSM.

Курсовая работа рассчитана для использования в учебном процессе при подготовке специалистов по направлению бакалавриата: 5350100 – Телекоммуникационные технологии (Телекоммуникации, Телерадиовещание, Мобильные системы) по дисциплине «Оптимизация и планирование сложных сотовых систем связи».

Ташкентский университет информационных технологий имени
Мухаммада ал-Хоразмий, 2020

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ СЕТЕЙ GSM, LTE, WCDMA.....	5
1.1. Расчет бюджета потерь и зоны покрытия сетей GSM и LTE.....	5
1.2. Оценка допустимой скорости передачи в канале сети LTE для «близких» и «далеких» пользователей.....	7
1.3. Определение пространственных параметров сети WCDMA.....	9
1.4. Распределение кодовых сдвигов по секторам (сотам) сети WCDMA.....	12
2. РАСЧЕТ БЮДЖЕТА РАДИОЛИНИЙ СИСТЕМЫ WCDMA.....	14
2.1. Расчет чувствительности приемника UMTS.....	15
2.2. Расчет максимально допустимых потерь сети WCDMA.....	16
2.3. Расчет восходящей линии (UL) WCDMA.....	19
2.4. Расчет нисходящей радиолинии (DL) WCDMA.....	23
3. ПЛАНИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ РАДИОСЕТЕЙ LTE.....	28
3.1. Расчет энергетического бюджета для сети LTE.....	28
3.2. Оценка емкости сети LTE.....	29
4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ СУММАРНОГО ШУМА ПРИЕМНИКА БС СОТОВОЙ СВЯЗИ.....	33
5. РАСЧЕТ ОПТИМАЛЬНОГО УРОВНЯ ПОМЕХ В ЗОНЕ ДЕЙСТВИЯ СОТОВОЙ СВЯЗИ GSM.....	36
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	39
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	40

ВВЕДЕНИЕ

Системы мобильной связи находятся в процессе бурного развития. Глубокое изучение этих процессов, информированность в вопросах развития мобильных технологий, весьма важны для стратегии внедрения и развития систем мобильной связи в нашей стране. В этой связи, данная работа будет весьма полезной при подготовке квалифицированных специалистов в области мобильной связи. Немаловажен факт изучения планирования и оптимизации радиосетей современных систем связи.

Что касается планирования радиосетей UMTS и LTE, то они имеют некоторые отличия от аналогичного процесса для других технологий. Отличия обусловлены типом многостанционного доступа на базе OFDM, наличием двух типов дуплекса – частотного (FDD) и временного (TDD), а при планировании сетей с временным дуплексом приходится искать компромисс между радио покрытием и емкостью сети.

Существуют два основных варианта планирования сетей: с целью формирования максимальной площади покрытия или с целью обеспечения требуемой емкости. Эти задачи порой противоречат друг другу. Например, в городских условиях при высокой плотности абонентов зоны обслуживания базовых станций (БС) по площади гораздо меньше максимально возможной, но оптимизированы по пропускной способности. В сельской местности зачастую ситуация – противоположная, плотность абонентов – невысокая, и базовые станции устанавливаются на максимальном удалении друг от друга так, чтобы закрыть каждой БС максимальную территорию. Но и в том и другом случае оценивают как радио покрытие, так и емкость сети для того, чтобы выявить в проекте сети факторы, ограничивающие ее характеристики.

Как правило, планирование радиосети включает в себя несколько этапов. Как и в сетях второго поколения они могут быть разделены на 3 фазы: начальное планирование (расчет, постановка целей), детальное планирование радиосети и работы по оптимизации. В сотовых системах, в которых все каналы связи в воздушном интерфейсе работают на одной частоте (WCDMA), количество одновременно обслуживаемых пользователей влияет на уровень шумов в системе. Следовательно, планирование зоны обслуживания и емкости радиосети UMTS не могут быть отдельными этапами планирования, в отличие от планирования радиосети GSM, где эти два этапа могут четко разграничиваться. В случае планирования UMTS для каждого конкретного вида услуги необходимо определение и соответственно выполнение требований к качеству обслуживания. На практике данное означает, что самые строгие требования должны определять плотность расположения базовых станций.

В данной курсовой работе необходимо произвести расчет параметров сетей GSM, LTE, WCDMA, расчет бюджета радиолиний системы WCDMA, планирование и расчет радиосетей LTE, а также расчет оптимального уровня помех в зоне действия сотовой связи GSM.

1. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ СЕТЕЙ GSM, LTE, WCDMA

1.1. Расчет бюджета потерь и зоны покрытия сетей GSM и LTE

Для проведения соответствующего расчета необходимо задаться исходными значениями: тип передаваемых данных – VoIP, скорость передачи: 39,7 кбит/с, D_f системы: 10 МГц.

Высоты подъема антенны абонентских станций 1.5 м, а базовых станций 30 и 50 м в городской и пригородной зоне соответственно.

В работе производится оценка зоны покрытия сети по моделям распространения Okumura-Hata и COST 231 – Hata.

1.1.1. Определить радиус зоны покрытия в городе для сети сотовой связи GSM, если известны значения потерь $L=125$ дБ, высоты базовой станции $H_{BC}=50$ м и абонетской станции $H_{MC}=1,5$ м.

Пример расчета:

Для GSM 1800 и LTE1800 (город):

$$R = 10^{\frac{L - 45,5 + 13,82 \lg f_{\text{чк}} - 35,4 \lg F + (1,1 \lg F - 0,7) H_{MC}}{(44,9 - 6,55 \lg H_{BC})}} \quad (1.1)$$

$$R = 10^{\frac{125 - 45,5 + 13,82 \lg 50 - 35,4 \lg 1800 + (1,1 \lg 1800 - 0,7) 1,5}{(44,9 - 6,55 \lg 50)}} = 0,58 \text{ км}$$

Необходимо провести самостоятельный расчет согласно варианта задания, представленного в таблице 1.

Таблица 1

Исходные значения

Вариант	L , дБ	H_{MC} , м	H_{BC} , м	тип сети
1	127	1,4	40	GSM-1800
2	129	1,6	45	LTE1800
3	130	1,65	50	GSM-1800
4	135	1,5	45	LTE1800
5	128	1,7	56	GSM-1800
6	131	1,5	47	LTE1800
7	129	1,4	50	GSM-1800
8	126	1,5	45	LTE1800
9	127	1,4	40	GSM-1800
10	140	1,5	47	LTE1800

1.1.2. Для сети сотовой связи LTE 900 определить радиус зоны покрытия, если известны значения потерь $L=140$ дБ, высоты базовой станции $H_{BC}=43$ м и абонетской станции $H_{MC}=1,5$ м.

Пример расчета:

Для GSM 900 и LTE 900 (пригород):

$$R = 10 \frac{L - 45,5 + 13,82 \lg H_{BC} - 35,4 \lg F + (1,1 \lg F - 0,7) H_{MC}}{(44,9 - 6,55 \lg H_{BC})} \quad (1.2)$$

$$R = 10 \frac{140 - 45,5 + 13,82 \cdot \lg 43 - 35,4 \lg 900 + (1,1 \lg 900 - 0,7) \cdot 1,5}{(44,9 - 6,55 \lg 43)} = 1,5 \text{ км}$$

Необходимо провести самостоятельный расчет согласно варианта задания, представленного в таблице 2.

Таблица 2

Исходные значения

Вариант	L , дБ	H_{MC} , м	H_{BC} , м	тип сети
1	128	1,4	45	GSM 900
2	129	1,5	47	LTE 900
3	130	1,6	51	GSM 900
4	135	1,5	45	LTE 900
5	128	1,7	56	GSM 900
6	131	1,5	47	LTE 900
7	129	1,4	50	GSM 900
8	126	1,5	45	LTE 900
9	127	1,4	40	GSM 900
10	140	1,5	47	LTE 900

1.1.3. Рассчитать потери для LTE если известны радиус зоны покрытия $R=1,7$ км, высота подвеса антенны базовой $H_{BC}=55$ м и абонентской станций $H_{MC}=1,5$ м. Сделать вывод об устойчивости связи.

Пример расчета:

Для GSM 900 и LTE 900 (город):

$$L = 74,52 - 13,82 H_{BC} + 26,16 \lg F - 3,2 [\lg(11,75 \cdot H_{MC})] + (44,9 - 6,55 \lg H_{BC}) \cdot \lg R \quad (1.3)$$

$$L = 74,52 - 13,82 \lg 55 + 26,16 \lg 900 - 3,2 [\lg(11,75 \cdot 1,5)] + (44,9 - 6,55 \lg 55) \cdot \lg 1,7 = 131,55 \text{ дБ}$$

Допустимые потери для LTE 155,5 дБ > 131,55 дБ, значит, связь будет устойчивой.

Необходимо провести самостоятельный расчет согласно варианта задания, представленного в таблице 3.

Таблица 3

Исходные значения

Вариант	R , км	H_{MC} , м	H_{BC} , м	тип сети
1	1,7	1,4	45	GSM 900
2	1,8	1,5	47	LTE 900

3	1,6	1,6	51	GSM 900
4	1,7	1,5	45	LTE 900
5	1,5	1,7	56	GSM 900
6	1,4	1,5	47	LTE 900
7	1,7	1,4	50	GSM 900
8	1,8	1,5	45	LTE 900
9	1,5	1,4	40	GSM 900
10	1,6	1,5	47	LTE 900

1.1.4. Определить потери для GSM 1800, если известны радиус зоны покрытия $R=1,8$ км, высота подвеса антенны базовой $H_{БС}=45$ м и абонентской станций $H_{МС} = 1,5$ м. Сделать вывод об устойчивости связи.

Пример расчета:

Для GSM 1800 (город):

$$L = 45,5 - 13,82H_{БС} + 35,4 \lg F - (1,1 \lg F - 0,7)H_{МС} + (44,9 - 6,55 \lg H_{БС}) \cdot \lg R, \quad (1.4)$$

$$L = 45,5 - 13,82 \lg 45 + 35,4 \lg 1800 - (1,1 \cdot \lg 1800 - 0,7) \cdot 1,5 + (44,9 - 6,55 \lg 45) \cdot \lg 1,8 = 142,22 \text{ дБ.}$$

Так как $L = 142,22 \text{ дБ} < L_{\text{отт}} = 149,2 \text{ дБ}$, значит, связь устойчива.

Необходимо провести самостоятельный расчет согласно варианта задания, представленного в таблице 4.

Таблица 4

Исходные значения

Вариант	$R, \text{ км}$	$H_{МС}, \text{ м}$	$H_{БС}, \text{ м}$	тип сети
1	1,7	1,4	45	GSM-1800
2	1,8	1,5	47	LTE1800
3	1,6	1,6	51	GSM-1800
4	1,7	1,5	45	LTE1800
5	1,5	1,7	56	GSM-1800
6	1,4	1,5	47	LTE1800
7	1,7	1,4	50	GSM-1800
8	1,8	1,5	45	LTE1800
9	1,5	1,4	40	GSM-1800
10	1,6	1,5	47	LTE1800

1.2. Оценка допустимой скорости передачи в канале сети LTE для «близких» и «далеких» пользователей

Скорость передачи в канале LTE для «близких» (в центре соты) пользователей (Мбит/с) можно определить как:

$$Rl(u) = \frac{4}{7} W \log_2(1 + \eta l(u)), \quad (1.5)$$

для «далеких» (на границе соты) пользователей

$$R2(u) = \frac{3}{7} W \log_2(1 + \eta 2(u)), \quad (1.6)$$

где W – полоса системы, МГц, z – SINR.

1.2.1. Рассчитать скорость передачи в канале для пользователей, расположенных в центре и на границе соты для DL, если известны полоса системы $W=10$ МГц, $z1(u)=4$ – SINR для центра соты, $z2(u)=0,3$ – SINR для границы соты.

Расчет:

По формуле 1.5 определим скорость передачи для пользователей в центре соты

$$R1(u) = \frac{4}{7} 10 \log_2(1 + 4) = \frac{4}{7} \cdot 10 \cdot 2,32 = 13,26 \text{ Мбит/с.}$$

скорость передачи для пользователей на границе соты определим по формуле 1.6

$$R2(u) = \frac{3}{7} 10 \log_2(1 + 0,3) = 1,63 \text{ Мбит/с.}$$

Необходимо провести самостоятельный расчет согласно варианта задания, представленного в таблице 5.

Таблица 5

Исходные значения			
Вариант	W , МГц	$z1(u)$	$z2(u)$
1	10	5	0,3
2	11	4	0,25
3	12	5	0,27
4	10	3	0,4
5	13	4	0,24
6	11	5	0,26
7	13	4	0,31
8	10	6	0,28
9	12	3	0,26
10	14	4	0,32

1.2.2. Рассчитать скорость передачи в канале для пользователей, расположенных в центре и на границе соты для UL, если известны полоса системы $W=10$ МГц, $z1(u)=4$ – SINR для центра соты, $z2(u)=0,4$ – SINR для границы соты.

Расчет:

По формуле 1.5 определим скорость передачи для пользователей в центре соты

$$R1(u) = \frac{4}{7} 10 \log_2(1 + 4) = \frac{4}{7} \cdot 10 \cdot 2,32 = 13,26 \text{ Мбит/с.}$$

скорость передачи для пользователей на границе соты определим по формуле 1.6

$$R2(u) = \frac{3}{7} 10 \log_2(1 + 0,4) = 2,06 \text{ Мбит/с.}$$

Необходимо провести самостоятельный расчет согласно варианта задания, представленного в таблице 6.

Таблица 6

Исходные значения			
Вариант	W, МГц	z1(u)	z2(u)
1	10	5	0,4
2	11	4	0,36
3	12	5	0,29
4	10	3	0,39
5	13	4	0,37
6	11	5	0,38
7	13	4	0,39
8	10	6	0,36
9	12	3	0,29
10	14	4	0,37

Сделать оценку допустимой скорости передачи в соте R_c , Мбит/с при исходных значениях.

1.3. Определение пространственных параметров сети WCDMA

Сеть сотовой связи строят, повторяя одни и те же частотные кластеры в пределах однородных фрагментов зоны обслуживания сети. Это позволяет снизить дефицит радиочастот за счет их повторного использования. Исходя из числа рабочих частот, выделенных оператору – nf и размерности кластера – C , находим число каналов, используемых для управления и сигнализации – N_y и число трафика каналов, приходящихся на одну несущую.

Исходные данные для расчета пространственных параметров сети с точки зрения абонентской емкости:

- число каналов трафика на соту $N_{a.net}$;
- вероятностью блокировки вызова $P_{бз}$;
- активность одного абонента в $ЧНА_a = 0,03 - 0,04$ Эрл;
- число абонентов сети M_s ;
- число секторов на БС – DD;
- площадь зоны обслуживания $S_{зон}$.

Максимально возможное число абонентов, которое может обслужить сектор БС $N_{a.sec}$

$$N_{a \text{ sect}} = \frac{A_s}{A_a}, \quad (1.7)$$

Число секторов в сети

$$N_{\text{sect}} = \frac{N_{a \text{ nel}}}{N_{a \text{ sect}}}, \quad (1.8)$$

Число БС в сети

$$N_{\text{Б} \cdot \text{nel}} = \frac{N_{\text{sect}}}{D}, \quad (1.9)$$

где D – число секторов на БС.

Площадь БС

$$S_{\text{БС}} = \frac{S_{\text{nel}}}{N_{\text{БС}}}, \quad (1.10)$$

Дальность связи (радиус соты с точки зрения абонентской нагрузки):

$$R = k \sqrt{\frac{S_{\text{БС}}}{\pi}}, \quad (1.11)$$

где $k = 1.25$ – коэффициент, учитывающий необходимость взаимного перекрытия сот для обеспечения хэндовера.

Для среднего и малого города с высотой антенны $H_{\text{БС}}=30\text{м}$, высотой антенны $H_{\text{МС}}=1.5\text{м}$ и несущей частотой $F=1950\text{МГц}$ допустимые потери на трассе с помощью модели COST231-Hata:

$$L_f = 137.4 + 35.2 \cdot \lg(R). \quad (1.12)$$

Тогда радиус соты с точки зрения бюджета потерь:

$$R = 10^{\frac{L_f - 137.4}{35.2}}, \text{ км}. \quad (1.13)$$

Если R (по потерям) $\approx R$ (по абонентской емкости), то выполняются требования по покрытию и емкости сети и ресурсы используются наиболее рационально, а если данное требование не выполняется, то надо произвести расчет заново для улучшения ситуации, изменяя определенные параметры.

Таким образом, на этом этапе планирования находится число базовых станций и максимальный радиус сот, исходя из абонентской плотности (нагрузки).

1.3.1. Произведем расчет абонентской емкости для тотальной услуги VoIP. Каждой соте при мягком повторном использовании частот выделяется вся полоса системы. В качестве исходных данных выберем активность абонента $A_A=0,025$, число каналов трафика $N_A=33$, число секторов на БС $D=6$, площадь зоны обслуживания $S_{\text{БС}}=1600 \text{ км}^2$.

Расчет:

Посчитаем количество абонентов, которым будет предоставлена услуга

VoIP в ЧНН:

$$N_a = \frac{A_s}{A_a} = \frac{42,2}{0,025} = 1688.$$

Число секторов в сети

$$N_{sect} = \frac{N_{a \text{ net}}}{N_{a \text{ sect}}} = \frac{1688}{55} = 30,7.$$

Число БС в сети

$$N_{БС \text{ net}} = \frac{N_{sect}}{D} = \frac{30,7}{6} = 5,12,$$

Площадь зоны БС

$$S_{БС} = \frac{S_{net}}{N_{БС}} = \frac{1600}{5,12} = 312,5 \text{ км}^2.$$

Дальность связи

$$R = k \sqrt{\frac{S_{БС}}{\pi}} = 1,25 \sqrt{\frac{312,5}{3,14}} = 12,47 \text{ км}.$$

Необходимо провести самостоятельный расчет согласно варианта задания, представленного в таблице 7.

Таблица 7

Исходные значения

Вариант	A_A	N_A	D	$S_{net} \text{ км}^2$
1	0,026	34	6	1700
2	0,025	35	3	1650
3	0,027	37	6	1740
4	0,025	39	4	1600
5	0,028	40	6	1700
6	0,026	34	6	1700
7	0,025	35	3	1650
8	0,027	37	6	1740
9	0,025	39	4	1600
10	0,028	40	6	1700

1.3.2. Рассчитать радиус соты с точки зрения абонентской нагрузки и с точки зрения бюджета потерь. Определить выполняются ли требования по покрытию и емкости сети. Если нет то, произвести расчет заново для улучшения ситуации, изменяя определенные параметры. В качестве исходных данных выберем: потери на трассе $L=151\text{дБ}$, площадь зоны обслуживания $S_{net}=260 \text{ км}^2$, число БС в сети $N_{БС \text{ net}}=23$.

Расчет:

Площадь зоны БС

$$S_{BC} = \frac{S_{net}}{N_{BC}} = \frac{260}{23} = 11,3 \text{ км}^2.$$

Дальность связи (радиус соты с точки зрения абонентской нагрузки)

$$R = k \sqrt{\frac{S_{BC}}{\pi}} = 1,25 \sqrt{\frac{11,3}{3,14}} = 2,37 \text{ км}.$$

Радиус соты с точки зрения бюджета потерь:

$$R = 10^{\frac{151 - 137,4}{35,2}} = 2,43 \text{ км}$$

R (по потерям) \approx R (по абонентской емкости), значит, выполняются требования по покрытию и емкости сети и ресурсы используются наиболее рационально.

Необходимо провести самостоятельный расчет согласно варианта задания, представленного в таблице 8.

Таблица 8

Исходные значения

Вариант	L	S _{net}	N _{BC net}
1	152	260	24
2	154	265	25
3	160	256	24
4	153	264	27
5	152	260	24
6	154	265	25
7	160	256	24
8	153	264	27
9	152	260	24
10	154	265	25

1.4. Распределение кодовых сдвигов по секторам (сотам) сети WCDMA

Все BS в сети используют один короткий код, но с разными циклическими сдвигами. По циклическому сдвигу короткого кода можно выделять и различать сигналы, излучаемые BS в разных сотах и секторах.

Средний радиус кластера равен:

$$R_{clan} = R_{cell} \sqrt{\text{int}\left(\frac{512}{m}\right)}, \quad (1.14)$$

Соты и сектора с идентичными кодовыми сдвигами будут разнесены на расстояние:

$$R_{clust} \cong 2R_{cell} \sqrt{\text{int}\left(\frac{512}{m}\right)}. \quad (1.15)$$

Рассчитать размерность кластера, средний его радиус, а также расстояние между секторами с идентичными кодовыми сдвигами. В качестве исходных данных выберем циклический сдвиг $m=6$, радиус соты $R_{cell}=5$.

Расчет:

Радиус кластера равен:

$$R_{clust} = 5 \cdot \sqrt{\text{int}\left(\frac{512}{6}\right)} = 46,09$$

Соты и сектора с идентичными кодовыми сдвигами будут разнесены на расстояние:

$$R_{clust} \cong 2 \cdot 5 \cdot \sqrt{\text{int}\left(\frac{512}{6}\right)} = 92,2$$

Необходимо провести самостоятельный расчет согласно варианта задания, представленного в таблице 9.

Таблица 9

Исходные значения

Вариант	m	R _{cell}
1	6	5
2	8	7
3	10	6
4	6	8
5	4	6
6	5	6
7	4	8
8	6	5
9	6	5
10	8	7

Составить отчет по изученному материалу.

2. РАСЧЕТ БЮДЖЕТА РАДИОЛИНИЙ СИСТЕМЫ WCDMA

Задача расчета бюджета радиолоний – это оценка максимальных допустимых потерь на трассе. Зная значение допустимых потерь, и используя подходящую модель распространения, можно вычислить радиус соты. При расчете бюджета радиолонии учитываются параметры антенн, потери в кабелях, выигрыши от разнесения, запасы на замирания и т.д. Результатом расчета является максимальные разрешенные потери на трассе.

Основные параметры использующиеся в расчете:

E_b/N_0 – отношение средней энергии бита к спектральной плотности шума. Требуемое отношение E_b/N_0 зависит от типа сервиса, скорости передвижения абонента и радиоканала.

Минимально допустимое значение E_b/N_0 на входе приемника является характеристикой оборудования, и оно будет индивидуальным для оборудования разных производителей, также оно будет разным для приемников базовой и мобильной станций, вследствие различий в сложности их устройства. Однако, значения требуемого отношения E_b/N_0 определено спецификациями 3GPP для различных типов радиоканала. Данные требования с учетом параметров оборудования WCDMA BTS представлены в таблице 10.

Таблица 10

Значения E_b/N_0 для различных типов

Восходящая линия	E_b/N_0 , дБ	E_b/N_0 , дБ	E_b/N_0 , дБ	E_b/N_0 , дБ
тип сервиса / скорость	Телефония	64 кбит/с	144 кбит/с	384 кбит/с
3 км/ч	4,4	2	1,4	1,7
120 км/ч	5,4	2,9	2,4	2,9
Нисходящая линия	E_b/N_0 , дБ	E_b/N_0 , дБ	E_b/N_0 , дБ	E_b/N_0 , дБ
тип сервиса / скорость	Телефония	64 кбит/с	144 кбит/с	384 кбит/с
3 км/ч	7,9	5	4,7	4,8
120 км/ч	7,4	4,5	4,2	4,3

Требуемое значение E_b/N_0 зависит от

- типа услуги (скорость передачи, требование к BER, BLER, метод канального кодирования);
- радиоканала (скорость движения абонента, частота, многолучевость);
- типа соединения (мягкий хэндовер, разнесенный прием, использование быстрого управление мощностью).

2.1. Расчет чувствительности приемника UMTS

Минимально допустимый уровень сигнала на входе приемника определяется как:

$$P_{пр}(\text{дБмВт}) = P_{ш}(\text{дБмВт}) + (E_b/N_0)_{треб}(\text{дБ}) - G_{обр}(\text{дБ}), \quad (2.1)$$

где $(E_b/N_0)_{треб}$ – требуемое значение E_b/N_0 ,

$G_{обр}$ – выигрыш от обработки.

$P_{ш}$ – мощность собственных шумов приемника.

Основные параметры использующиеся в расчете:

E_b/N_0 – отношение средней энергии бита к спектральной плотности шума. Требуемое отношение E_b/N_0 зависит от типа сервиса, скорости передвижения абонента и радиоканала.

Минимально допустимый уровень сигнала на входе приемника зависит от требуемого отношения E_b/N_0 , скорости передачи данных пользователя, качества аналоговых компонентов приемника, уровня помех. Помехи могут создавать разные источники: абоненты из обслуживаемой соты, абоненты обслуживаемые другими сотами, а также другие источники, создающие действующие в диапазоне используемого частотного канала.

Мощность собственных шумов приемника

$$P_{ш} = N + K_{ш} \quad (\text{дБмВт}), \quad (2.2)$$

где N – мощность теплового шума в приемнике, дБмВт

$$N = k \cdot T \cdot B, \quad (2.3)$$

где k – постоянная Больцмана ($1.38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К),

T – температура проводника.

Мощность теплового шума в приемнике зависит от полосы пропускания фильтра. Для стандарта UMTS полосу согласованного фильтра можно принять равной 3.84 МГц.

Коэффициент шума приемника $K_{ш} = 7$ дБ для линии DL, $K_{ш} = 2,5$ дБ для линии UL.

Определить чувствительность приемника $P_{пр}$ (дБмВт), если известны температура проводника, T° , тип линии (DL, UL), коэффициент шума приемника $K_{ш}$ (дБ), полоса согласованного фильтра приемника B (МГц), отношение средней энергии бита к спектральной плотности шума E_b/N_0 (дБ), выигрыш от обработки $G_{обр}$ (дБ). В качестве исходных значений выберем $E_b/N_0=7,9$ дБ, тип линии – DL, $K_{ш} = 6$ дБ, $T=25^\circ$, $B=4,2$ МГц, $G_{обр}=5$ дБ и услуга – телефония, скорость абонента – 3 км/ч.

Расчет:

Определяем из таблицы значение $E_b/N_0=7,9$ дБ.

$$N = k \cdot T \cdot B = 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 298 \cdot 4,2 \cdot 10^6 = 1,73 \cdot 10^{-14} \text{ Вт},$$

$$N = 10 \cdot \log(1,73 \cdot 10^{-14} / 0.001) = -107,62 \text{ дБмВт}.$$

Мощность собственных шумов приемника

$$P_{ш} = N + K_{ш} = -107,62 + 6 = -101,62 \text{ дБ}.$$

Чувствительность приемника

$$P_{пр} = -101,62 + 7,9 - 5 = -98,72 \text{ дБ}.$$

Необходимо провести самостоятельный расчет согласно варианту задания, представленного в таблице 11.

Исходные значения

Вариант	E_b/N_0 (дБ)	тип линии	$K_{ш}$ (дБ)	T°	B	$G_{обр}$ (дБ)
1	7,8	DL	7	24	4,5	6
2	6,5	DL	6	25	4,9	7
3	7,9	DL	8	27	4,6	8
4	7,3	DL	5	27	5	7
5	6,8	DL	8	24	5,1	9
6	7,9	DL	9	25	4,7	8
7	7,8	DL	7	24	4,5	6
8	6,5	DL	6	25	4,9	7
9	7,5	DL	7	28	4,7	8
10	7,3	DL	5	27	5	7

2.2. Расчет максимальных допустимых потерь сети WCDMA

Максимально допустимые потери

$$L_{MARL} = P_{EIRP} - S_{Rx} + G_{RxA} - L_{RxF} - M_{Build} - M_{Int} - M_{Shade} + G_{HO}, \quad (2.4)$$

где P_{EIRP} – ЭИИМ передатчика, дБ;

S_{Rx} – чувствительность приемника, дБ;

G_{RxA} – коэффициент усиления антенны, дБ;

L_{RxF} – потери в фидерном тракте, дБ;

M_{Build} – запас на проникновение в помещение, дБ;

M_{Int} – запас на внутрисистемные помехи, дБ;

M_{Shade} – запас на затенение, дБ;

G_{HO} – выигрыш от хендовера, дБ.

Запас на допустимые внутрисистемные помехи.

При расчете используется величина запаса на внутрисистемные помехи, которая характеризует возрастание мощности шума на входе приемника. Для расчета, принимают что запас на внутрисистемные помехи равен:

$$M_{Int} = -10 \cdot \log_{10}(1-z), \quad (2.5)$$

где z – относительная загрузка соты в восходящей или нисходящей линии.

Как видно, запас на внутрисистемные помехи это функция от загрузки соты, чем больше разрешенная нагрузка в соте, тем большую величину запаса необходимо учесть в расчете. При росте нагрузки до 100% запас на помехи стремится к бесконечности и зона обслуживания соты уменьшается до нуля. Зависимость значения данной величины от загрузки соты представлена на рисунке 1.

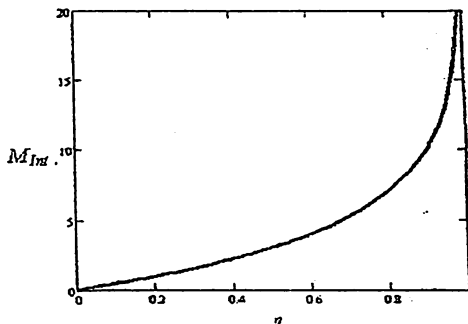


Рис. 1. Зависимость значения запаса на внутрисистемные помехи от значения относительной загрузки соты

Мягкий хэндовер имеет место в том случае, когда мобильная станция соединена как минимум с двумя сотами одновременно. В случае, если эти соты принадлежат двум разным базовым станциям (Node B), то объединение двух восходящих каналов осуществляется контроллером радиосети (RNC). В случае, если соты принадлежат одной базовой станции объединение двух каналов осуществляется базовой станцией. В нисходящей линии объединение двух каналов осуществляется РАКЕ-приемником мобильной станции методом оптимального сложения. Можно рассматривать, как метод разнесенного приема, при использовании которого сигналы разных каналов складываются с учетом их весовых коэффициентов, а коэффициенты усиления в каждом канале прямо пропорциональны среднеквадратичному значению мощности сигнала и обратно пропорциональны среднеквадратичному значению мощности шума в этих каналах. При оптимальном сложении отношение сигнал/шум на выходе максимально. Выигрыш от мягкого хэндовера достигается за счет макро-разнесенного приема, следовательно уменьшает негативные эффекты от теневых зон и замираний. В реальной сети, зоны обслуживания большинства сот пересекаются. На границе соты мобильной станции может выбрать лучшую соту из доступных в данный момент, то есть мобильная станция не ограничена одним соединением. Это ведет к тому, что запас на замирания может быть снижен при расчете бюджета радиосети, происходит уменьшение требуемого значения E_b/N_0 . Выигрыш от мягкого хэндовера зависит от условий распространения радиоволн. В городах, где замирания сигналов очень существенны, корреляция между сигналами, пришедшими от разных источников мала, как результат возрастает выигрыш от использования мягкого хэндовера. И наоборот в сельской местности, когда сигналы незначительно подвержены замираниям, корреляция между сигналами от разных источников возрастает, и выигрыш уменьшается. Величина выигрыша может меняться в пределах от 2-5 дБ. Типичная величина выигрыша для расчета бюджета радиосети составляет 2-3 дБ.

Алгоритм быстрого управления мощностью введен в UMTS для того, чтобы поддерживать требуемое значение E_p/N_0 на входе приемника постоянным во время быстрых замираний, обусловленных многолучевостью. Глубина замираний может достигать до 30 дБ. Быстрое управление мощностью особенно важно для абонентов имеющих малую скорость передвижения, так как они не могут быстро изменить свое положение для компенсации глубоких замираний. На границе соты, мощность передатчика мобильной станции максимальная, таким образом, не остается запаса на управление мощностью для компенсации быстрых замираний.

Для того, чтобы учесть этот процесс в расчете зададимся величиной запаса на быстрые замирания. Величина запаса на быстрые замирания зависит от скорости абонента. Типичные значения величины запаса в зависимости от скорости абонента представлены в таблице 12.

Таблица 12

Типичные значения величины запаса на быстрые замирания

Тип абонента, скорость перемещения	Типичная величина запаса на быстрые замирания
Небольшая скорость (3 км/ч)	3-5 дБ
Средняя скорость (50 км/ч)	1-2 дБ
Высокая скорость (120 км/ч)	0.1 дБ

Проведем расчет максимально допустимой потери L_{MARL} в сети WCDMA, если известны ЭИИМ передатчика - P_{EIRP} (дБ), чувствительность приемника - S_{RX} , (дБ), коэффициент усиления антенны - G_{RxA} (дБи), потери в фидерном тракте - L_{RxF} , (дБ), запас на проникновение в помещение - M_{Build} (дБ), запас на затенение - M_{Shade} , (дБ), выигрыш от хэндовера - G_{HO} (дБ), нагрузка соты - λ . В качестве исходных значений выберем: тип линии - DL, $P_{EIRP}=63$ дБ, $N=0,6$, $S_{RX}=-97$ дБ, $G_{RxA}=17,8$ дБи, $L_{RxF}=0,5$ дБ, $M_{Build}=12$ дБ, $M_{Shade}=8,7$ дБ, $G_{HO}=2,5$ дБ.

Примечание: типовые значения запаса на проникновение:

- 22 дБ в условиях плотной городской застройки;
- 17 дБ в условиях средней городской застройки;
- 12 дБ в условиях редкой застройки (в пригороде);
- 8 дБ в сельской местности (на открытой местности в автомобиле).

Расчет:

Определим запас на помехи M_{Int} , дБ

$$M_{Int} = -10 \cdot \log_{10}(1-\lambda) = -10 \lg(1 - \lambda) = -10 \lg 0,1 = 10 \text{ дБ.}$$

Максимально допустимые потери

$$L_{MARL} = 63 + 97 + 17,8 - 0,5 - 12 - 3,98 - 8,7 + 2,5 = 155,12 \text{ дБ.}$$

Необходимо провести самостоятельный расчет согласно варианту задания, представленного в таблице 13.

Исходные значения

Вариант	тип линии	P_{EIRP} (дБ)	H	S_{Rx} (дБ)	G_{RxA} (дБи)	L_{RxF} (дБ)	M_{Build} (дБ)	M_{Shade} (дБ)	G_{HO} (дБ)
1	DL	64	0,7	-95	17,9	0,53	13	8,8	2,6
2	DL	65	0,6	-96	18,8	0,54	11	8,9	2,5
3	DL	64	0,8	-95	17,9	0,53	13	8,6	2,6
4	DL	65	0,5	-99	18,7	0,55	14	8,5	2,7
5	DL	63	0,7	-95	17,9	0,53	13	8,8	2,6
6	DL	65	0,6	-96	18,8	0,54	11	8,9	2,5
7	DL	64	0,9	-97	17,9	0,53	13	8,6	2,8
8	DL	66	0,5	-99	18,7	0,55	14	8,5	2,9
9	DL	64	0,8	-95	17,9	0,53	13	8,6	2,6
10	DL	65	0,5	-99	18,7	0,55	14	8,5	2,7

2.3. Расчет восходящей линии (UL) WCDMA

Расчет восходящей линии (UL) состоит из нескольких этапов:

- расчет минимально допустимой мощности сигнала на входе приемника базовой станции;
- определение требуемой мощности принимаемого сигнала;
- расчет эффективно излучаемой мощности мобильной станции;
- определение максимально допустимых потерь.

2.3.1. Минимально допустимая мощность сигнала на входе приемника БС определяется из формулы (2.1):

$$P_{прис}(\text{дБмВт}) = P_{ш}(\text{дБмВт}) + (E_b/N_0)_{треб}(\text{дБ}) - G_{обр}(\text{дБ}),$$

где $(E_b/N_0)_{треб}$ – требуемое значение E_b/N_0 ,

$G_{обр}$ – выигрыш от обработки,

$P_{ш}$ – мощность собственных шумов приемника.

Для анализа выбран тип оборудования БС Nokia Flexi WCDMA BTS.

Коэффициент шума приемника данной базовой станции менее 3 дБ. Для расчета примем $Kш=3$ дБ.

Мощность шумов приемника БС из (2.2):

$$P_{ш} = N + K_{ш}(\text{дБмВт}).$$

Минимально допустимое значение E_b/N_0 на входе приемника для данного типа сервиса составляет 1.7 дБ при скорости абонента 3 км/ч.

Выигрыш от обработки составляет:

$$G_{обр} = 10 \log(R_{чип} / R_{польз}), \quad (2.6)$$

где $R_{чип}$ – чиповая скорость стандарта UMTS, чип/с,

$R_{польз}$ – скорость передачи данных пользователя, кбит/с.

Также необходимо учесть выигрыш за счет мягкого хендвера и запас на внутрисистемные помехи. Величину выигрыша примем равной $G_{хо}=2$ дБ. Величину запаса на внутрисистемные помехи определим из выражения (3.9). Величину относительной загрузки соты для начального расчета примем равной 50%. Допустимым значением величины относительной загрузки соты

считается 50%.

Запас на внутрисистемные помехи равен:

$$M_{int} = -10 \cdot \log_{10}(1-3).$$

С учетом вышеуказанных факторов, минимально допустимая мощность сигнала на входе приемника БС равна:

$$P_{прбс} = P_{ш} + (E_b/N_0)_{прбс} - G_{обр} + L_n - G_{хо} \text{ (дБмВт)}. (2.7)$$

Проведем расчет минимально допустимой мощности сигнала на входе приемника базовой станции UMTS, если известны температура проводника, T° , тип линии (DL, UL), коэффициент шума приемника $K_{ш}$ (дБ), полоса согласованного фильтра приемника B (МГц), отношение средней энергии бита к спектральной плотности шума E_b/N_0 (дБ), чиповая скорость $R_{чип}$ (чип/с), скорость передачи данных пользователя $R_{польз}$ (кбит/с), загрузка соты - з. В качестве исходных значений выберем: $E_b/N_0 = 2$ дБ, $R_{чип} = 3,84$ чип/с, $R_{польз} = 384$, $T = 30^\circ$, $B = 3,84$ МГц, $K_{ш} = 3$ дБ, $H = 0,7$.

Расчет:

Мощность теплового шума в приемнике:

$$N = k \cdot T \cdot B = 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 303 \cdot 3,84 \cdot 10^6 = 1,61 \cdot 10^{-14} \text{ Вт},$$

$$N = 10 \cdot \lg(1,61 \cdot 10^{-14} / 0.001) = -107,9 \text{ дБмВт}.$$

Мощность шумов приемника БС из (2.2):

$$P_{ш} = N + K_{ш} = -107,9 + 3 = -104,9 \text{ дБмВт}.$$

Выигрыш от обработки составляет:

$$G_{обр} = 10 \log(R_{чип} / R_{польз}) = 10 \log(3,84 \cdot 10^6 / 384 \cdot 10^3) = 10 \text{ дБ}.$$

Запас на внутрисистемные помехи равен:

$$M_{int} = -10 \cdot \log_{10}(1-0.7) = 5,23 \text{ дБ}.$$

Минимально допустимая мощность сигнала на входе приемника БС равна:

$$P_{прбс} = P_{ш} + (E_b/N_0)_{прбс} - G_{обр} + L_n - G_{хо} = -104,9 + 2 - 10 + 3 - 2 = -111,9 \text{ дБмВт}.$$

Необходимо провести самостоятельный расчет согласно варианта задания, представленного в таблице 14.

Таблица 14

Исходные значения

Вариант	E_b/N_0 (дБ)	$R_{чип}$ чип/с	$R_{польз}$	T°	B (МГц)	$K_{ш}$ (дБ)	H
1	2	3,84	384	30	3,84	3	0,7
2	2,5	3,86	380	27	3,89	2,5	0,9
3	2,3	3,85	384	30	3,84	3	0,7
4	2,4	3,89	385	28	3,78	2,7	0,9
5	2	3,84	387	29	3,84	3,1	0,7
6	2,5	3,86	380	27	3,89	2,5	0,9
7	2,3	3,85	384	30	3,87	3	0,7
8	2,6	3,89	385	28	3,78	2,7	0,9
9	2	3,84	384	30	3,84	3	0,7
10	2,5	3,86	380	27	3,89	2,5	0,9

2.3.2. Определение мощности принимаемого сигнала.

Требуемая мощность принимаемого сигнала определяется выражением:

$$P_{пр} = P_{прбс} + L_{фидер} - G_{бс} + L_{ff} \text{ (дБмВт)}, \quad (2.8)$$

где $L_{фидер}$ - потери в фидере, дБ. Как правило, длина и тип фидера выбирается таким образом, чтобы значение затухания в нем составляла не более 3 дБ;

$G_{бс}$ - коэффициент усиления антенны базовой станции, дБ.;

L_{ff} - запас на быстрые замирания, дБ.

Определил требуемую мощность принимаемого сигнала, если известны потери в фидере $L_{фидер}$ (дБ), коэффициент усиления антенны базовой станции $G_{бс}$ (дБ), запас на быстрые замирания L_{ff} (дБ). Значение мощности приемника БС берется из предыдущей задачи. В качестве исходных значений выберем:

$L_{фидер} = 2,5$ дБ, $G_{бс} = 16$ дБ, $L_{ff} = 3$ дБ.

Расчет:

$$P_{пр} = P_{прбс} + L_{фидер} - G_{бс} + L_{ff} = -111,9 + 2,5 - 16 + 3 = -122,4 \text{ дБмВт}.$$

Необходимо провести самостоятельный расчет согласно варианта задания, представленного в таблице 15.

Таблица 15

Исходные значения			
Вариант	$L_{фидер}$ (дБ)	$G_{бс}$ (дБ)	L_{ff} (дБ)
1	2,5	16	3
2	2,6	18	3,2
3	2,8	19	3,2
4	2,8	17	3,3
5	2,4	18	3,4
6	2,5	17	3,2
7	2,9	19	3,3
8	2,7	20	3,3
9	2,5	16	3
10	2,6	18	3,2

2.3.3. Расчет эффективно излучаемой мощности мобильной станции.

Эффективно излучаемая мощность мобильной станции определяется выражением:

$$P_{изМС} = P_{МС} + G_{МС} - L_{тело} \text{ (дБмВт)}, \quad (2.9)$$

где $P_{МС}$ - мощность передатчика мобильной станции. Для расчета взята минимальная мощность мобильной станции определенная стандартом (класс 4 - 21 дБмВт);

$G_{МС}$ - коэффициент усиления антенны базовой станции, принята равной 0 дБ;

$L_{тело}$ - потери на затухание в теле абонента. Для расчета $L_{тело}$

принимают равным 3 дБ. Необходимо заметить, что потери на затухание в теле учитываются для голосовых типов услуг, и могут не учитываться для услуг по передаче данных.

Рассчитаем эффективную излучаемую мощность мобильной станции UMTS, если известны мощность передатчика мобильной станции P_{MC} (дБмВт), коэффициент усиления антенны базовой станции G_{BC} (дБ), потери на затухание в теле абонента $L_{тело}$ (дБ). В качестве исходных значений выберем: $P_{MC} = 8$ дБмВт, $L_{тело} = 0$ дБ, $G_{BC} = 0$ дБ.

Расчет:

$$P_{изМС} = P_{MC} + G_{BC} - L_{тело} = 8 + 0 - 0 = 8 \text{ дБмВт.}$$

Необходимо провести самостоятельный расчет согласно варианта задания, представленного в таблице 16.

Таблица 16

Исходные значения			
Вариант	P_{MC} (дБмВт)	$L_{тело}$ (дБ)	G_{BC} (дБ)
1	8	0,4	0,5
2	9	0,3	0,6
3	6	0,3	0,7
4	8	0,3	0,6
5	8	0,7	0,5
6	9	0,3	0,7
7	6	0,3	0,7
8	9	0,3	0,6
9	6	0,3	0,7
10	8	0,3	0,6

2.3.4. Определение максимально допустимых потерь.

Максимально допустимые потери на трассе равны:

$$L = P_{изМС} - P_{пр}, \quad (2.10)$$

По результатам задач 2.3.1 - 2.3.3. определим максимально допустимые потери на трассе восходящей линии UMTS.

$$L = 8 - (-122,4) = 130,4 \text{ дБ.}$$

Необходимо провести самостоятельный расчет согласно варианта задания, представленного в таблице 17.

Таблица 17

Исходные значения		
Вариант	$P_{изМС}$ (дБмВт)	$P_{пр}$ (дБ)
1	8	-124,3
2	9	-128,5
3	10	-123,7

4	7	-129,6
5	8	-124,3
6	9	-129,5
7	10	-123,7
8	7	-130,4
9	8	-124,3
10	9	-128,5

2.4. Расчет нисходящей радиолинии (DL) WCDMA

Данный расчет также осуществляется в несколько этапов:

- расчет минимально допустимой мощности сигнала на входе приемника МС;
- определение требуемой мощности принимаемого сигнала;
- расчет эффективно излучаемой мощности базовой станции;
- определение допустимых потерь на трассе.

2.4.1. Определение минимально допустимой мощности сигнала на входе приемника МС.

Минимально допустимая мощность сигнала на входе приемника МС определяется аналогичным выражением (как и для БС):

$$P_{прМС}(\text{дБмВт}) = P_{ин}(\text{дБмВт}) + (E_b/N_0)_{\text{треб}}(\text{дБ}) - G_{чип}(\text{дБ}).$$

Приемник мобильной станции более простой, чем приемник БС, в нем используются более простые компоненты, следовательно, его коэффициент шума выше. Стандартом коэффициент шума приемника МС должен иметь значение <9 дБ. Для расчета примем $K_{ш}=8$ дБ.

Мощность собственных шумов приемника МС:

$$P_{ш} = N + K_{ш} \text{ (дБмВт)}.$$

Минимально допустимая мощность сигнала на входе приемника МС с учетом запаса на внутрисистемные помехи и выигрыш от мягкого хэндовера равна:

$$P_{прМС} = P_{ш} + (E_b/N_0)_{\text{треб}} - G_{обр} - L_n - G_{хо} \text{ (дБмВт)},$$

где $(E_b/N_0)_{\text{треб}}$ - минимально допустимое значение E_b/N_0 на входе приемника для данного типа сервиса составляет 4.8 дБ при скорости абонента 3 км/ч;

$$G_{обр} = 10 \log(R_{чип}/R_{польз});$$

$R_{чип}$ - чиповая скорость стандарта UMTS, чип/с;

$R_{польз}$ - скорость передачи данных пользователя. кбит/с;

L_n - запас на внутрисистемные помехи. Примем что сота в нисходящей линии загружена также как и в восходящий. $L_n = 3$ дБ;

$G_{хо}$ - выигрыш за счет мягкого хэндовера, дБ.

Определим минимально допустимую мощность сигнала на входе приемника МС, если известны температура проводника, T° , коэффициент шума приемника $K_{ш}$ (дБ), полоса согласованного фильтра приемника B

(МГц), отношение средней энергии бита к спектральной плотности шума E_b/N_0 (дБ), чиповая скорость $R_{\text{чип}}$ (чип/с), скорость передачи данных пользователя $R_{\text{польз}}$ (кбит/с), загрузка соты - з. В качестве исходных значений выберем: E_b/N_0 (дБ) = 5 дБ, $10^6 \cdot R_{\text{чип}} = 3,84$ чип/с, $T=30^\circ$, $B=3,84$ МГц, $K_{\text{ш}} = 7$ дБ, $H=0,7$.

Расчет:

Мощность собственных шумов приемника МС:

$$P_{\text{ш}} = N + K_{\text{ш}} = -107,9 + 7 = -100,9 \text{ дБмВт.}$$

Минимально допустимая мощность сигнала на входе приемника МС с учетом запаса на внутрисистемные помехи и выигрыш от мягкого хэндовера равна:

$$P_{\text{прМС}} = P_{\text{ш}} + (E_b/N_0)_{\text{треб}} - G_{\text{обр}} - L_{\text{п}} - G_{\text{хо}} = -100,9 + 5 - 10 - 3 - 2 = -110,9 \text{ дБмВт,}$$

где $(E_b/N_0)_{\text{треб}}$ - минимально допустимое значение E_b/N_0 на входе приемника для данного типа сервиса составляет 5 дБ при скорости абонента 3 км/ч:

$$G_{\text{обр}} = 10 \log(R_{\text{чип}}/R_{\text{польз}}) = 10 \log(3,84 \cdot 10^6 / 384 \cdot 10^3) = 10 \text{ дБ.}$$

Необходимо провести самостоятельный расчет согласно варианта задания, представленного в таблице 18.

Таблица 18

Вариант	E_b/N_0 (дБ)	$R_{\text{чип}}$ чип/с	T°	B (МГц)	$K_{\text{ш}}$ (дБ)	H
1	6	3,85	30	3,84	8	0,8
2	7	3,84	31	3,85	8,1	0,7
3	6	3,85	30	3,84	8	0,8
4	8	3,88	32	3,86	8,1	0,9
5	6	3,85	30	3,84	8	0,8
6	7	3,84	31	3,85	8,1	0,7
7	6	3,89	32	3,84	8	0,8
8	8	3,88	32	3,87	8,1	0,6
9	6	3,85	30	3,84	8	0,8
10	7	3,84	31	3,85	8,1	0,7

2.4.2. Определение требуемой мощности принимаемого сигнала.

Требуемая мощность принимаемого сигнала определяется выражением:

$$P_{\text{пр}} = P_{\text{прМС}} + L_{\text{тело}} - G_{\text{МС}} + L_{\text{ф}} \text{ (дБмВт)},$$

где $L_{\text{тело}}$ - потери на затухание в теле абонента. Для услуг по передачи данных $L_{\text{тело}} = 0$;

$G_{\text{МС}}$ - коэффициент усиления антенны мобильной станции, дБ. Значение $G_{\text{МС}}$ принято равным 0 дБ;

$L_{\text{ф}}$ - запас на быстрые замирания, дБ.

Определим требуемую мощность принимаемого сигнала $P_{пр}$ для нисходящей радиолинии, если известны запас на быстрые замирания L_{ff} (дБ), коэффициент усиления антенны мобильной станции $G_{МС}$ (дБ), потери на затухание в теле абонента $L_{тело}$ (дБ). Значение мощности приемника МС $P_{прМС}$ берется из предыдущей задачи. В качестве исходных значений выберем: $L_{ff}=3$ дБ, $L_{тело}=0$ дБ, $G_{МС}=0$ дБ.

Расчет:

$$P_{пр} = P_{прМС} + L_{тело} - G_{МС} + L_{ff} = -110,9 + 0 - 0 + 3 = -107,9 \text{ дБВт.}$$

Необходимо провести самостоятельный расчет согласно варианта задания, представленного в таблице 19.

Таблица 19

Вариант	L_{ff} (дБ)	$L_{тело}$ (дБ)	$G_{МС}$ (дБ)
1	3,5	0,3	0,5
2	3,4	0,4	0,6
3	3,6	0,3	0,5
4	3,7	0,7	0,6
5	3,5	0,3	0,5
6	3,4	0,4	0,6
7	3,8	0,3	0,5
8	3,7	0,7	0,9
9	3,5	0,3	0,5
10	3,4	0,4	0,6

2.4.3. Расчет эффективно излучаемой мощности базовой станции.

Эффективно излучаемая мощность БС:

$$P_{изБС} = P_{БС} + G_{БС} - L_{фидер}, \text{ дБВт,}$$

где $P_{БС}$ – мощность передатчика базовой станции на кодировый канал, дБ;

$G_{БС}$ – коэффициент усиления антенны базовой станции, дБ;

$L_{фидер}$ – потери обусловленные затуханием в фидере, дБ.

Определим эффективно излучаемую мощность базовой станции $P_{изБС}$ дБ, если известны мощность передатчика базовой станции на кодировый канал $P_{БС}$ (дБ), коэффициент усиления антенны базовой станции $G_{БС}$ (дБ), потери обусловленные затуханием в фидере $L_{фидер}$ (дБ). В качестве исходных значений выберем: $P_{БС} = 35$ дБ, $L_{фидер} = 2,5$ дБ, $G_{БС} = 16$ дБ.

Расчет:

$$P_{изБС} = P_{БС} + G_{БС} - L_{фидер} = 35 + 16 - 2,5 = 48,5 \text{ дБВт.}$$

Необходимо провести самостоятельный расчет согласно варианта задания, представленного в таблице 20.

Таблица 20

Вариант	$P_{БС}$ (дБ)	$L_{Фидер}$ (дБ)	$G_{БС}$ (дБ)
1	35	2,7	19
2	37	2,6	20
3	36	2,8	21
4	38	2,9	25
5	35	2,7	20
6	37	2,6	20
7	37	2,9	22
8	39	2,9	27
9	35	2,7	19
10	37	2,6	20

2.4.4. Расчет допустимых потерь на трассе.

Допустимые потери на трассе:

$$L = P_{избС} - P_{пр} - M_{Build}, \text{ дБ},$$

где M_{Build} – запас на проникновение в помещение, дБ.

Типовые значения запаса на проникновение:

- 22 дБ в условиях плотной городской застройки;
- 17 дБ в условиях средней городской застройки;
- 12 дБ в условиях редкой застройки (в пригороде);
- 8 дБ в сельской местности (на открытой местности в автомобиле).

Определить допустимые потери на трассе нисходящей линии UMTS, если известен M_{Build} – запас на проникновение в помещение, дБ. Эффективно излучаемая мощность базовой станции $P_{избС}$ и требуемая мощность принимаемого сигнала $P_{пр}$ берутся из задач 2.4.1 – 2.4.3. Тип местности сети UMTS – пригород.

Решение:

$$L = P_{избС} - P_{пр} - M_{Build} = 48,5 + 107,9 - 12 = 144,4 \text{ дБ}.$$

Необходимо провести самостоятельный расчет согласно варианта задания, представленного в таблице 21.

Таблица 21

Вариант	$P_{избС}$ (дБ)	$P_{пр}$ (дБ)	M_{Build} (дБ)
1	48,7	-108,9	13
2	48,8	-107,9	15
3	47,9	-108,9	13
4	48,9	-107,9	18
5	48,7	-108,9	13
6	48,8	-107,9	15
7	48,8	-108,9	13

8	48,9	-109,9	20
9	48,7	-108,9	13
10	48,8	-107,9	15

Сделать отчет по проделанной работе.

3. ПЛАНИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ РАДИОСЕТЕЙ LTE

3.1. Расчет энергетического бюджета для сети LTE

Рассмотрим примеры расчета энергетического бюджета для систем LTE с частотным и временным дуплексом, работающих в диапазоне 2600 МГц. Причем для системы с временным дуплексом рассмотрим два варианта конфигураций кадра 1 и 2, формат специального субкадра – 7. (рис. 2).

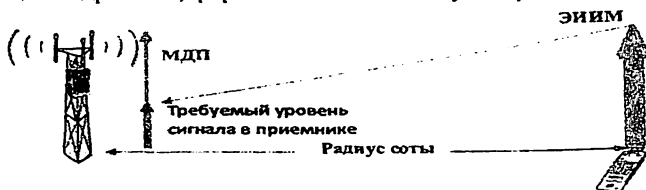


Рис. 2. Принцип расчета энергетического бюджета

Системная полоса для всех систем рассматривается равной 20 МГц, т.е. в случае FDD системная полоса будет разделяться на два канала по 10 МГц для линии вверх (UL) и линии вниз (DL), а в случае TDD вся полоса 20 МГц будет использоваться как на UL, так и на DL.

Рассмотрим БС, РЧ-блок каждого сектора которой оснащен двумя приемопередатчиками, выходная мощность передатчиков 20 Вт (43 дБм). РЧ-блок устанавливается в непосредственной близости от антенны. Базовая станция работает на линии вниз в режиме MIMO 2x2 с использованием кросс-поляризованной антенны. Поскольку энергетический бюджет рассчитывается для абонентской станции (АС) на краю соты, т.е. принимающей сигналы от БС с низким отношением сигнал/шум (ОСШ), то БС передает сигналы на эту АС в режиме разнесенной передачи. За счет сложения мощностей сигналов двух передатчиков в пространстве можно получить энергетический выигрыш (3 дБ). В качестве АС рассматриваем USB-модем, класс 3 – ЭИИМ 23 дБм.

Эквивалентная изотропно излучаемая мощность:

$$\text{ЭИИМ} = P_{TX} + G_{TxDiv} + G_{TxA} - L_{TxF}, \quad (3.1)$$

где P_{TX} – выходная мощность передатчика, дБм;

G_{TxDiv} – выигрыш от сложения мощности передатчиков, дБ;

G_{TxA} – коэффициент усиления антенны, дБи;

L_{TxF} – потери в фидерном тракте, дБ.

Рассчитаем ЭИИМ передатчика базовой или абонентской станции, в зависимости от параметров оборудования LTE и восходящей или нисходящей линии сотовой связи. В качестве исходных значений выберем: линия DL, $P_{TX} = 40$ дБ, $G_{TxDiv} = 3$ дБ, $G_{TxA} = 18$ дБи, $L_{TxF} = 0,4$ дБ, конфигурация системы - FDD 10+10 МГц.

Расчет:

$$\text{ЭИИМ} = P_{TX} + G_{TxDiv} + G_{TxA} - L_{TxF} = 40 + 3 + 18 - 0,4 = 60,6 \text{ дБ.}$$

Необходимо провести самостоятельный расчет согласно варианта задания, представленного в таблице 22.

Таблица 22

Вариант	Тип линии	$P_{ТХ}$ (дБ)	$G_{ТХDiv}$ (дБ)	$G_{ТХА}$ (дБи)	$L_{ТХF}$ (дБ)	конфигурация системы
1	DL	41	4	19	0,5	FDD 10+10 МГц
2	DL	42	5	20	0,6	FDD 10+10 МГц
3	DL	40	6	21	0,5	FDD 10+10 МГц
4	DL	41	7	20	0,7	FDD 10+10 МГц
5	DL	41	4	19	0,5	FDD 10+10 МГц
6	DL	42	5	20	0,6	FDD 10+10 МГц
7	DL	40	6	21	0,5	FDD 10+10 МГц
8	DL	41	7	20	0,7	FDD 10+10 МГц
9	DL	41	4	19	0,5	FDD 10+10 МГц
10	DL	47	5	20	0,6	FDD 10+10 МГц

3.2. Оценка емкости сети LTE.

Емкость, или пропускную способность, сети оценивают, базируясь на средних значениях спектральной эффективности соты в определенных условиях. В таблице 23 приведены значения средней спектральной эффективности соты LTE FDD в макросети для двух случаев, специфицированных 3GPP как сценарий 1 (расстояние между сайтами 500 м), и сценарий 3 (расстояние между сайтами 1732 м) [1]. В обоих случаях характеристики оценивались для диапазона 2 ГГц, полосы канала 10 МГц (10 + 10 МГц в дуплексе), при потерях на проникновение в здание 20 дБ, в среднем при 10 активных пользователей в соте.

Таблица 23

Линия	Схема MIMO	Средняя спектральная эффективность, бит/с/Гц	
		Сценарий 1	Сценарий 3
UL	1 x 2	0,735	0,681
	1 x 4	1,103	1,038
DL	2 x 2	1,69	1,56
	4 x 2	1,87	1,85
	4 x 4	2,67	2,41

Приведем пример расчета пропускной способности для сетей трех конфигураций, рассмотренных в предыдущем разделе, причем пользоваться будем значениями спектральной эффективности для сценария 1 (расстояние между сайтами 500 м), как наиболее близкого по размерам сот.

Для системы FDD средняя пропускная способность соты может быть получена путем прямого умножения ширины канала на спектральную эффективность.

Для системы TDD можно принять спектральную эффективность равной аналогичным значениям для системы FDD, а при расчете пропускной способности учитывать долю длительности кадра на линии вверх или вниз.

$$R_{TDD} = S_{FDDaverage} W T_{\%} \text{ Мбит/с,}$$

где $S_{FDDaverage}$ - средняя спектральная эффективность,

W - ширина канала,

$T_{\%}$ - доля длительности кадра на линии вверх или вниз.

3.2.1. Рассчитать среднюю пропускную способность соты R_{TDD} и среднюю пропускную способность базовой станции третьей конфигурации $R_{БСЗ}$, если известны тип и конфигурация линии, доля длительности кадра на линии вверх или вниз, $T_{\%}$, средняя спектральная эффективность $S_{FDDaverage}$, ширина канала W . Ширина канала W берется из конфигурации системы. Например, для FDD $W = 20$ МГц. В качестве исходных значений выберем: линия DL, соотношение длительности кадров $T = 100\%$, спектральная эффективность $S_{FDDaverage} = 1,69$ бит/с/Гц, конфигурация системы FDD10+10 МГц.

Расчет:

$$R_{TDD} = S_{FDDaverage} W T_{\%} = 1,69 \cdot 20 \cdot 10^3 \cdot 1 = 33,8 \text{ Мбит/с.}$$

Необходимо провести самостоятельный расчет согласно варианта задания, представленного в таблице 24.

Таблица 24

Вариант	Тип линии	соотношение длительности кадров, $T_{\%}$	$S_{FDDaverage}$ (бит/с/Гц)	конфигурация системы
1	DL	99	1,70	FDD10+10 МГц.
2	DL	100	1,68	FDD10+10 МГц.
3	DL	99	1,70	FDD10+10 МГц.
4	DL	100	1,69	FDD10+10 МГц.
5	DL	99	1,70	FDD10+10 МГц.
6	DL	98	1,68	FDD10+10 МГц.
7	DL	99	1,70	FDD10+10 МГц.
8	DL	100	1,69	FDD10+10 МГц.
9	DL	99	1,70	FDD10+10 МГц.
10	DL	100	1,68	FDD10+10 МГц.

3.2.2. Рассчитать емкость сети LTE FDD R_{NW} (Мбит/с) в мегаполисе при наличии пары полос 10+10 МГц и при переиспользовании N сотовых площадок. В качестве исходных значений выберем: средняя пропускная способность $R_{БС} = 22,05$ Мбит/с, число сот = 500.

Расчет:

Емкость сети или суммарная пропускная способность такой сети в направлении к абоненту составит

$$R_{NW} = R_{BC} \cdot N = 22,05 \cdot 500 = 11025 \text{ Мбит/с.}$$

Необходимо провести самостоятельный расчет согласно варианта задания, представленного в таблице 25.

Таблица 25

Вариант	R_{BC} (Мбит/с)	N
1	22,06	5010
2	22,09	5020
3	22,09	5010
4	21,09	5030
5	22,06	5010
6	22,09	5020
7	22,10	5030
8	21,11	5030
9	22,06	5010
10	22,09	5020

3.2.3. Рассчитать усредненный трафик абонента в ЧНН R_{HH} (МБит/с), если заданы: $T_{аб}$, Гбайт/месяц - трафик абонента, $N_{ВН}$ - число ЧНН в день; N_D - число дней в месяце. В качестве исходных значений выберем: $T_{аб} = 25$ Гбайт/месяц, $N_{ВН} = 15$, $N_D = 30$ дней.

Расчет:

$$R_{ВН} = \frac{T_{аб} \cdot 8}{N_{ВН} \cdot N_D} = \frac{25 \cdot 8}{15 \cdot 30} = 0,44 \text{ МБит/с.}$$

Необходимо провести самостоятельный расчет согласно варианта задания, представленного в таблице 26.

Таблица 26

Вариант	$T_{аб}$ (Гбайт/месяц)	$N_{ВН}$	N_D (дней)
1	26	17	28
2	27	18	29
3	26	17	28
4	28	19	31
5	26	17	28
6	27	19	29
7	26	17	28
8	29	20	30
9	26	17	28
10	27	18	29

3.2.4. Используя результаты расчета предыдущей задачи, определить усредненный трафик абонента на DL (линия вниз) в ЧНН R_{DL} (Мбит/с), если известны R_{BH} - усредненный трафик абонента в ЧНН (данные взять из предыдущей задачи), Мбит/с; S_{DL} - доля трафик на DL, %. В качестве исходных значений выберем $S_{DL} = 75\%$.

Расчет:

$$R_{DL} = R_{BH} \cdot S_{DL} = 0,44 \cdot 0,75 = 0,333 \text{ Мбит/с.}$$

Необходимо провести самостоятельный расчет согласно варианта задания, представленного в таблице 27.

Таблица 27

Вариант	R_{BH} (МБит/с)	S_{DL} (%)
1	0,45	76
2	0,49	77
3	0,49	89
4	0,51	79
5	0,45	76
6	0,51	79
7	0,49	89
8	0,52	81
9	0,45	76
10	0,49	77

3.2.5. Определить число абонентов N_{AB} , если известны суммарная пропускная способность R_{NW} , Мбит/с; усредненный трафик абонента на DL в ЧНН R_{DL} , Мбит/с. Исходные данные взять из задач 3.2.1 – 3.2.4.

Расчет:

$$N_{AB} = \frac{R_{NW}}{R_{DL}} = \frac{11025}{0,333} = 33409 \text{ аб.}$$

По данным расчетов задач 3.2.1. – 3.2.5. составить свою таблицу.

Результаты расчетов емкости сети LTE проведенных расчетов представлено в таблице 28.

Таблица 28

Результаты проведенных расчетов емкости сети LTE

Трафик абонента, Гбайт/месяц	T_{AB}	25
Число ЧНН в день	N_{BH}	15
Число дней в месяце	N_o	30
Усредненный трафик абонента в ЧНН, Мбит/с	R_{BH}	0,44
Доля трафик на DL, %	S_{DL}	75
Усредненный трафик абонента на DL в ЧНН, Мбит/с	R_{DL}	0,33
Общий трафик в сети, Гбит/с	R_{NW}	11025
Число абонентов, тыс	N_{AB}	33409

По данным расчетов задач 3.2.1. – 3.2.5. составить свою таблицу.

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ СУММАРНОГО ШУМА ПРИЕМНИКА БС СОТОВОЙ СВЯЗИ

В качестве исходных значений выбраны следующие данные, которые представлены в таблице 29.

Таблица 29

Исходные значения	Данные
Значения	Данные
Средняя частота приема, f , МГц	908
Волновое сопротивление антенно-фидерного тракта, $W_{\text{пр}}$, Ом	75
Чувствительность приемника, $G_{\text{пр}}$, мкВ	0,45
Отношение сигнал/шум на выходе приемника, $(S/N)_{\text{вых}}$, дБ	10
Коэффициент усиления по мощности приемной антенны, $G_{\text{пр}}$, дБ	7,7
Затухание в кабеле, $(\beta \cdot l)_{\text{пр}}$, дБ	4,1
Затухание в дуплексном фильтре, $\beta_{\text{дф}}$, дБ	0,85
Коэффициент усиления устройства разделения, $G_{\text{ур}}$, дБ	2,2
Уровень помех, рекомендуемый для расчета (показатель помеховой обстановки), $E_{\text{пом}}$, мкВ/м	1,53
Коэффициент направленного действия антенны БС, $D_{\text{пр}}$, дБ	3,3
Девияция частоты, Δf , кГц	5

Расчет

1. Затухание сигнала на прием в антенно-фидерном тракте БС

$$\alpha_{\text{АФФ}} = \alpha_{\text{дф}} + (\alpha \cdot l)_{\text{пр}} - G_{\text{ур}}, \text{ дБ},$$

где $\beta_{\text{дф}}$ – затухание в дуплексном фильтре, дБ;

$(\beta \cdot l)_{\text{пр}}$ – затухание в кабеле, дБ;

$G_{\text{ур}}$ – коэффициент усиления устройства разделения, дБ.

$$\alpha_{\text{АФФ}} = 0,85 + 4,1 - 2,2 = 2,75, \text{ дБ}.$$

2. КПД антенно-фидерного тракта приемной антенны БС

$$\eta_{\text{АФТ}} = 10^{-0,1 \cdot \alpha_{\text{АФФ}}} = 10^{-0,1 \cdot 2,75} = 0,53.$$

3. Действующая длина приемной антенны БС

$$l_{\text{д}} = \frac{\lambda_{\text{н.в.}}}{2\pi} \sqrt{\frac{1,64 \cdot G_{\text{пр}} \cdot W_{\text{пр}} \cdot \eta_{\text{АФТ}}}{120}}, \text{ м},$$

где $\lambda_{\text{н.в.}} = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{908 \cdot 10^6} = 0,33, \text{ м}$ – длина волны на прием БС;

$G_{\text{пр}} = 10^{0,1 \cdot G_{\text{пр}}[\text{дБ}]} = 10^{0,1 \cdot 7,7} = 5,89$ – коэффициент усиления по мощности приемной антенны БС, отн. ед;

$W_{\text{пр}}$ – волновое сопротивление антенно-фидерного тракта БС, Ом.

$$l_{\text{д}} = \frac{0,33}{2 \cdot 3,14} \sqrt{\frac{1,64 \cdot 5,89 \cdot 75 \cdot 0,53}{120}} = 0,094, \text{ м}.$$

4. Отношение сигнал/шум на входе приемника, соответствующее заданному отношению на выходе

$$(S/N)_{\text{ВХ}} = \frac{(S/N)_{\text{ВЫХ}} \cdot F_{\text{УЛЧ}}}{\Delta f \cdot \sqrt{3}} \text{ отн. ед.},$$

где $(S/N)_{\text{ВЫХ}} = 10^{0,05 \cdot (S/N)_{\text{ВЫХ}} [\text{дБ}]} = 10^{0,05 \cdot 10} = 3,16$ – отношение сигнал/шум на выходе приемника, отн. ед.;

$F_{\text{МАХ}} = 3,4$ – максимальная звуковая частота модуляции, кГц;

Δf – девиация частоты, кГц.

$$(S/N)_{\text{ВХ}} = \frac{3,16 \cdot 3,4}{5 \cdot \sqrt{3}} = 1,24 \text{ отн. ед.}$$

$$(S/N)_{\text{ВХ}} [\text{дБ}] = 20 \lg (S/N)_{\text{ВХ}} = 20 \lg (1,24) = 1,87 \text{ дБ.}$$

В связи с тем, что нужно учитывать запас на ретрансляцию, величину $(S/N)_{\text{ВХ}} [\text{дБ}]$ нельзя принимать менее 8 дБ (2,51 отн. ед.). Поэтому примем $(S/N)_{\text{ВХ}} [\text{дБ}] = 8 \text{ дБ}$ (2,51 отн. ед.).

5. Уровень собственных шумов, приведенных к входу приемника

$$U_{\text{ш.пр}} = \frac{\gamma_{\text{пр}}}{(S/N)_{\text{ВХ}}} = \frac{0,45}{2,51} = 0,179 \text{ В,}$$

где $\gamma_{\text{пр}}$ – чувствительность приемника, мкВ;

$(S/N)_{\text{ВХ}}$ – отношение сигнал/шум на входе приемника, отн. ед.

6. Уровень собственных шумов приемника, приведенных к точке приема

$$N_{\text{соб.пр}} = \frac{U_{\text{ш.пр}}}{I_{\text{д}}} = \frac{0,179}{0,094} = 1,9 \text{ мкВ/м.}$$

7. Уровень внешних шумов в точке приема

$$N_{\text{внеш.пр}} = \frac{E_{\text{ПМ}}}{\sqrt{D_{\text{пр}}}} \text{ мкВ/м,}$$

где $E_{\text{ПМ}}$ – уровень помех, рекомендуемый для расчета (показатель помеховой обстановки), мкВ/м;

$D_{\text{пр}} = 10^{0,1 \cdot D_{\text{пр}} [\text{дБ}]} = 10^{0,1 \cdot 3,3} = 2,138$ – коэффициент направленного действия антенной системы БС, отн. ед.

$$N_{\text{внеш.пр}} = \frac{1,53}{\sqrt{2,138}} = 1,048 \text{ мкВ/м.}$$

8. Уровень суммарного шума в точке приема

$$N_{\text{ш}} = 10 \lg (N_{\text{соб.пр}}^2 + N_{\text{внеш.пр}}^2) = 10 \lg (1,9^2 + 1,048^2) = 6,729 \text{ дБ}$$

Необходимо провести самостоятельный расчет согласно варианта задания, представленного в таблице 30. В качестве постоянных значений выберим: $W_{\text{пр}} = 750 \text{ Ом}$ и $\Delta f = 5 \text{ кГц}$.

Таблица 30

Вариант	f, МГц	$\gamma_{\text{пр}}$, мкВ	$(S/N)_{\text{ВЫХ}}$, дБ	$G_{\text{пр}}$, дБ	$(b \cdot l)_{\text{пр}}$, дБ	$b_{\text{ду}}$, дБ	$G_{\text{ур}}$, дБ	$E_{\text{ПМ}}$, мкВ/м	$D_{\text{пр}}$, дБ
1	909	0,46	11	7,8	4,2	0,86	2,3	1,54	3,4
2	910	0,47	12	7,9	4,3	0,87	2,4	1,55	3,5
3	911	0,45	10	7,9	4,2	0,89	2,3	1,55	3,6

4	913	0,49	14	8,1	4,4	0,89	2,7	1,54	3,6
5	911	0,48	13	7,9	4,2	0,87	2,3	1,55	3,4
6	910	0,47	12	7,9	4,3	0,87	2,4	1,55	3,5
7	912	0,46	10	7,9	4,2	0,89	2,3	1,55	3,6
8	914	0,49	17	8,3	4,5	0,91	2,8	1,56	3,7
9	909	0,46	11	7,8	4,2	0,86	2,3	1,54	3,4
10	910	0,47	12	7,9	4,3	0,87	2,4	1,55	3,5

По данным расчетов составить отчет.

5. РАСЧЕТ ОПТИМАЛЬНОГО УРОВНЯ ПОМЕХ В ЗОНЕ ДЕЙСТВИЯ СОТОВОЙ СВЯЗИ GSM

В качестве исходных значений выбраны следующие данные, которые представлены в таблице 31.

Таблица 31

Исходные значения	
Значения	Данные
Средняя частота передачи с АС, $f_{\text{ПРД}}$, МГц	890
Средняя частота приема, $f_{\text{ПРМ}}$, МГц	935
Отношение сигнал/шум на входе приемника АС, $(S/N)_{\text{ВХ}}$, дБ	8
Чувствительность приемника АС, $G_{\text{НОМ}}$, мкВ	0,35
Затухание сигнала в антенно-фидерном тракте АС, $\alpha_{\text{АФТ}}$, дБ	1
Средняя частота повторения импульсов помех, $F_{\text{ОИМ1}}$, имп/сек	1310
Среднеквадратичное отклонение амплитуд импульсов помех первой группы, $\sigma_{\text{Е1}}$, дБ	9,5
Вероятность превышения группой импульсов уровня 0дБ, P_0 , отн. ед.	0,97
Среднее значение амплитуды импульсов помех, \bar{E}_1 , дБ	48

Расчет

1. Примем среднее значение амплитуды импульсов помех, создаваемых первым источником помех $\bar{E}_1 = 48 \text{ дБ}$. Тогда амплитуда импульсов помех от второго источника

$$\bar{E}_2 = \bar{E}_1 - [24 - 14(\lg(f_{\text{ПРМ}}) - 2,16)] = 48 - [24 - 14(\lg(935) - 2,16)] = 35,35, \text{ дБ}$$

где $f_{\text{ПРМ}}$ – средняя частота приема, МГц.

2. Частоты повторения импульсов помех, создаваемых каждой группой источников

$$g_1 = 0,164 + 0,034(\lg f_{\text{ПРМ}} - 1,48) = 0,164 + 0,034(\lg 935 - 1,48) = 0,214$$

$$g_2 = 1 - g_1 = 1 - 0,214 = 0,785,$$

где $f_{\text{ПРМ}}$ – средняя частота приема, МГц.

3. Средняя частота повторения импульсов помех на нулевом уровне

$$F_{\text{ОИМ1}} = F_{\text{ОИМ}} \cdot g_1 = 1310 \cdot 0,214 = 280,34, \text{ имп/сек},$$

$$F_{\text{ОИМ2}} = F_{\text{ОИМ}} \cdot g_2 = 1310 \cdot 0,785 = 1028,35, \text{ имп/сек},$$

где $F_{\text{ОИМ(1,2)}}$ – средняя частота повторения импульсов помех, имп/сек.

4. Показатель зависимости затухания процесса от расстояния между источником помех и приемником

$$S = 42,2 \cdot \lambda^{1,895} \cdot \lg\left(\frac{r_0}{r_1}\right) = 42,2 \cdot 0,32^{0,895} \cdot \lg\left(\frac{3}{7}\right) = -5,6, \text{ дБ},$$

где $\lambda = \frac{c}{f_{\text{ПРМ}}} = \frac{3 \cdot 10^8}{935 \cdot 10^6} = 0,32$ – длина волны сигнала на приеме, м;

$r_0=3$ – расстояние между движущимся источником помех и

измерительным комплексом, м;

$r_1=7$ – расстояние между источником помех и приемной антенной АС,

м.

5. Полоса пропускания приемника АС

$$\Pi_{\text{пр}} = 2(\Delta f + F_{\text{max}}) = 2(5 + 3,4) = 16,8, \text{ кГц},$$

где $\Delta f=5$ – девиация частоты, кГц;

$F_{\text{max}}=3,4$ – максимальная звуковая частота модуляции, кГц.

6. Среднее эффективное значение напряженности поля помех первой и второй групп источников

$$\begin{aligned} \bar{E}_{\text{эф1,2}} &= \bar{E}_{1,2} + 0,115 \cdot \sigma_{E1,2}^2 + 10 \lg(F_{0\text{имп1,2}}) + \\ &+ 10 \lg(\Pi_{\text{пр}}) - 20 \lg(\Pi_{\text{изм}}) + 20 \lg(P_0) + S - 2,7, \text{ дБ} \end{aligned}$$

где $\sigma_{E1,2}$ – среднеквадратичное отклонение амплитуд импульсов помех, дБ, $\sigma_{E2} = \sigma_{E1} - 5$;

$\Pi_{\text{пр}}$ – полоса пропускания приемника АС, Гц;

$\Pi_{\text{изм}} = 120 \cdot 10^3$ – полоса, в которой измерены параметры помеховой обстановки, Гц;

P_0 – вероятность превышения группой импульсов уровня 0,97 дБ, отн.ед.;

S – показание зависимости затухания процесса от расстояния между источником помех и приемником, дБ.

$$\begin{aligned} \bar{E}_{\text{эф1}} &= 48 + 0,115 \cdot 9,5^2 + 10 \lg(280,34) + \\ &+ 10 \lg(16,8 \cdot 10^3) - 20 \lg(120 \cdot 10^3) + 20 \lg(0,97) - 5,6 - 2,7 = 14,919, \text{ дБ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bar{E}_{\text{эф2}} &= 35,35 + 0,115 \cdot 4,5^2 + 10 \lg(1028,35) + \\ &+ 10 \lg(16,8 \cdot 10^3) - 20 \lg(120 \cdot 10^3) + 20 \lg(0,97) - 5,6 - 2,7 = -0,14, \text{ дБ} \end{aligned}$$

7. Уровень внешних шумов АС

$$N_{\text{вн}} = \bar{E}_{\text{эф}}, \text{ мкВ/м},$$

где $\bar{E}_{\text{эф}} = \sqrt{10^{0,1 \cdot \bar{E}_{\text{эф1}}} + 10^{0,1 \cdot \bar{E}_{\text{эф2}}}}$ – среднее эффективное значение напряженности поля помех, мкВ/м.

$$N_{\text{вн}} = \bar{E}_{\text{эф}} = \sqrt{10^{0,1 \cdot 14,919} + 10^{0,1 \cdot (-0,14)}} = 5,66, \text{ мкВ/м}.$$

8. Уровень шума собственных помех

$$N_{\text{соб}} = \frac{\gamma_{\text{ном}} \cdot \alpha_{\text{АТФ}}}{(S/N)_{\text{вх}} \cdot I_{\text{д}}} = \frac{0,35 \cdot 1,25}{2,51 \cdot 0,23} = 0,76, \text{ мкВ/м},$$

где $\gamma_{\text{ном}}$ – чувствительность приемника, мкВ;

$$\alpha_{\text{АТФ}} = 10^{0,1 \cdot \alpha_{\text{АТФ}} [\text{дБ}]} = 10^{0,1 \cdot 1} = 1,25 \text{ – затухание сигнала в антенно-}$$

фидерном тракте АС, отн. ед.;

$$(S/N)_{\text{вх}} = 10^{0,1 \cdot (S/N)_{\text{вх}} [\text{дБ}]} = 10^{0,1 \cdot 8} = 2,51 \text{ – отношение сигнал/шум на}$$

входе приемника АС, отн. ед.;

$$I_d = \frac{\lambda}{\pi} = \frac{c}{\pi \cdot f_{\text{прд}}} = \frac{3 \cdot 10^8}{\pi \cdot 409,5 \cdot 10^6} = 0,233 \text{ — действующая длина антенны АС.}$$

м;

$f_{\text{прд}}$ — средняя частота передачи, Гц.

9. Уровень суммарных помех

$$N_{\Sigma} = 10 \lg(N_{\text{вн}}^2 + N_{\text{соб}}^2) = 10 \lg(5,66^2 + 0,76^2) = 15,13, \text{ дБ.}$$

Необходимо провести самостоятельный расчет согласно варианта задания, представленного в таблице 32.

Таблица 32

Вариант	$f_{\text{прд}}$, МГц	$f_{\text{прм}}$, МГц	S/N вх. дБ	$\Gamma_{\text{ном}}$, мкВ	$B_{\text{дф}}$, дБ	$F_{\text{оимп}}$, имп/сек	$\sigma_{\text{ел}}$, дБ	$P_{\text{о}}$, отн. ед.	\bar{E}_1 , дБ
1	890,2	935,2	9	0,35	1	1311	9,6	0,97	49
2	890,4	935,4	10	0,36	1,5	1313	9,7	0,98	48
3	890,6	935,6	9,5	0,34	1,6	1312	9,6	0,99	49
4	890,8	935,8	11	0,37	1,7	1314	9,8	0,98	49
5	890,2	935,2	9	0,35	1	1311	9,6	0,97	49
6	890,6	935,6	12	0,36	1,8	1314	9,7	0,98	48
7	890,8	935,8	9,6	0,35	1,6	1315	9,6	0,97	49
8	891,2	936,2	11	0,37	1,7	1314	9,8	0,98	48
9	890,2	935,2	9	0,35	1	1311	9,6	0,97	49
10	890,4	935,4	10	0,36	1,5	1313	9,7	0,98	48

По данным расчетов составить отчет.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе развития сетей сотовой связи важными являются вопросы их планирования и оптимизации. Для автоматизации проектирования при решении задач планирования и оптимизации созданы и используются специальные программные комплексы, которые позволяют сокращать сроки и стоимости процесса проектирования сетей сотовой связи. В процессе создания и совершенствования сети сотовой связи решаются две неразрывно связанные задачи: планирование сети (предварительное и детальное), оптимизация сети (перепланирование по результатам эксплуатации). При решении этих задач выполняются аналогичные операции и вычисления. Кроме того, процессы планирования и оптимизации сетей различных стандартов также сходны

В ходе данной курсовой работы мы планировали радиосети UMTS и LTE. Планирование включало в себя такие расчеты как: параметры сетей, допустимую скорость передачи, емкость сети, бюджет радиолиний и энергетический бюджет, дальность связи и др., что является важным для начального этапа планирования сетей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стратегия действий по пяти приоритетным направлениям развития республики Узбекистан в 2017-2021 годах.
2. Григорьев В.А, Лагутенко О.И., Распаев ЮА. Сети и системы радиодоступа М.: Эко-Трендз, 2005 г.
3. Бабков В.Ю. Общие подходы к задачам планирования и оптимизации 2G - 4G сетей подвижной связи, - С-П, 2011 г.
4. Ипатов В.П., Орлов В.К., Самойлов И.М. Системы мобильной связи. Учебное пособие для вузов. - М.: Горячая линия, 2003 г.
5. Варукина Л.И. Планирование сетей LTE, технические предпосылки объединения операторов. MFogum.ru, 2010 г.
6. Самоделкина С.В., Клочковская Л.П. Мобильные многоканальные технологии стандарта GSM и услуги компании сотовой связи – Алматы, 2010 г.

Методические указания

по выполнению

курсовой работы

по теме:

«ПЛАНИРОВАНИЕ РАДИОСЕТЕЙ UMTS И LTE»

по направлению бакалавриата: 5350100 – Телекоммуникационные технологии (Телекоммуникации, Телерадиовещание, Мобильные системы),

по дисциплине «Оптимизация и планирование сложных сотовых систем связи»

Рассмотрены на заседании кафедры ТМС

Протокол № 27 от «06» 05 2020 года


Рекомендованы к печати научно-методическим советом факультета «Радио и мобильной связи»

Протокол № 10 от «10» 05 2020 года

Рассмотрены и рекомендованы к печати научно-методическим советом

ТУИТ


Протокол № 9/13/1 от «23» 06 2020 года

Составители:  ст. преп. Хатамов А.П.

 доц. Мадаминов Х.Х.

 асс. Ахмедов Б.И.

Рецензент  доц. Губенко В.А.

Редактор  к.т.н. Пулатов Ш.У.

Корректор  доц. Доспанова Д.У.

Формат 60x84 1/16. Печ. лист 2,625
Заказ № 340. Тираж 50.
Отпечатано в «Редакционно издательском»
отделе при ТУИТ.
Ташкент ул. Амир Темур, 108.