

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна

Должность: проректор по учебной работе

Дата подписания: 21.09.2023 22:50:21

Уникальный программный ключ:

0b817ca911e6668abb15a5d426d39e5f1c11eabdf73e943df4a4851fda56d089

## МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Юго–Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра космического приборостроения и систем связи



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

О.Г. Локтионова

» 02 2018 г.

### Изучение моделей и методов анализа энергетических характеристик радиоканалов систем радиодоступа

Методические указания  
по выполнению лабораторной работы №1  
по курсу «Проектирование систем и сетей радиодоступа»  
для студентов направления подготовки 11.04.02

Курск 2018

УДК 621.3.095

Составитель А.Е.Севрюков

Рецензент

Доктор технических наук, профессор *В.Г. Андронов*

**Изучение моделей и методов анализа энергетических характеристик радиоканалов систем радиодоступа: методические указания по выполнению лабораторной работы по курсу «Проектирование систем и сетей радиодоступа» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост. А.Е.Севрюков. Курск, 2018. 12 с.**

Содержат методические указания по выполнению лабораторной работы «Изучение моделей и методов анализа энергетических характеристик радиоканалов систем радиодоступа» по курсу «Проектирование систем и сетей радиодоступа».

Методические указания соответствуют требованиям типовой программы, утвержденной УМО по направлению подготовки «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», рабочей программы дисциплины «Проектирование систем и сетей радиодоступа».

Предназначены для студентов направления подготовки 11.04.02 очной и заочной форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано печать 14.02 Формат 60x841/16.

Усл. печ. л. 0,7. Уч.-изд. л.0,63. Тираж 100 экз. Заказ 895. Бесплатно

Юго-Западный государственный университет.

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94

## Введение

Методические указания разработаны с целью освоения студентами принципов частотно-территориального планирования сетей подвижной связи, оценки зоны обслуживания абонентов в системе таранкинговой связи стандарта TETRA.

Методические указания помогут студентам в приобретении навыков решения задач исследований распространения радиоволн в реальных условиях. Процесс оценки зоны обслуживания состоит из нескольких этапов.

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

**Таблица 1 - Выбора исходных данных**

Последние две цифры номера зач. книжки	Класс БС	Тип абонентской станции	Класс АС	Тип местности	Последние две цифры номера зач. книжки	Класс БС	Тип АС	Класс АС	Тип местности
01, 51	2	Мобильная	1	Город	26, 76	2	Носимая	1	Откр.пр
02, 52	4	Мобильная	4	Откр.пр	27, 77	4	Носимая	1	Город
03, 53	8	Носимая	1	Сельск.	28, 78	5	Мобильная	2	Сельск.
04, 54	6	Мобильная	2	Откр.пр	29, 79	1	Мобильная	4	Город
05, 55	3	Носимая	2	Город	30, 80	9	Мобильная	1	Сельск.
06, 56	2	Носимая	2	Сельск.	31, 81	2	Носимая	1	Город
07, 57	1	Носимая	1	Город	32, 82	4	Мобильная	3	Откр.пр
08, 58	5	Мобильная	3	Город	33, 83	8	Носимая	2	Город
09, 59	6	Мобильная	4	Сельск.	34, 84	10	Носимая	2	Город
10, 60	3	Носимая	2	Город	35, 85	3	Носимая	1	Сельск.
11, 61	2	Мобильная	1	Откр.пр	36, 86	2	Мобильная	3	Откр.пр
12, 62	4	Носимая	1	Сельск.	37, 87	4	Мобильная	2	Город
13, 63	9	Мобильная	3	Город	38, 88	8	Носимая	1	Сельск.
14, 64	10	Носимая	1	Откр.пр	39, 89	7	Мобильная	4	Сельск.
15, 65	3	Мобильная	2	Город	40, 90	5	Носимая	2	Город
16, 66	2	Носимая	2	Город	41, 91	2	Носимая	1	Город
17, 67	4	Носимая	2	Откр.пр	42, 92	4	Носимая	1	Откр.пр
18, 68	8	Мобильная	4	Город	43, 93	9	Мобильная	1	Город
19, 69	6	Носимая	1	Сельск.	44, 94	1	Носимая	2	Город
20, 70	3	Мобильная	4	Город	45, 95	10	Мобильная	4	Откр.пр
21, 71	2	Мобильная	1	Город	46, 96	2	Мобильная	2	Сельск.
22, 72	9	Носимая	2	Сельск.	47, 97	4	Мобильная	3	Город
23, 73	8	Мобильная	2	Откр.пр	48, 98	8	Носимая	2	Город
24, 74	10	Мобильная	3	Сельск.	49, 99	9	Мобильная	2	Сельск.
25, 75	3	Носимая	2	Город	50, 00	5	Носимая	1	Город

**Таблица 2 Выбора исходных данных**

Последние две цифры номера зач. книжки	Высота установки антенны БС	Высота установки антенны АС	Несущая частота сигнала	Последние две цифры номера зач. книжки	Высота установки антенны БС	Высота установки антенны АС	Несущая частота сигнала
01, 51	30	1	410	26, 76	50	1	430
02, 52	100	2	430	27, 77	30	1,5	470
03, 53	30	1,5	470	28, 78	50	2	380
04, 54	50	2	380	29, 79	100	2	450
05, 55	50	2	450	30, 80	100	1,5	390
06, 56	30	1	390	31, 81	30	2	450
07, 57	50	2	870	32, 82	50	2	390
08, 58	100	1,5	915	33, 83	100	1	870
09, 59	50	1	875	34, 84	50	2	915
10, 60	50	1,5	920	35, 85	50	1,5	875
11, 61	30	1	430	36, 86	30	1,5	410

12, 62	50	2	470	37, 87	30	2	430
13, 63	100	1,5	380	38, 88	50	2	470
14, 64	100	1	915	39, 89	100	1	380
15, 65	50	1,5	875	40, 90	50	2	450
16, 66	50	1,5	410	41, 91	100	1,5	390
17, 67	30	2	430	42, 92	30	1	870
18, 68	50	2	875	43, 93	50	1,5	915
19, 69	30	1	410	44, 94	100	1,5	875
20, 70	30	2	470	45, 95	50	1	920
21, 71	100	1,5	380	46, 96	100	1,5	470
22, 72	50	1	915	47, 97	30	1,5	380
23, 73	30	2	875	48, 98	50	2	450
24, 74	50	1,5	410	49, 99	50	2	390
25, 75	30	1	430	50, 00	30	1,5	915

Излучаемая мощность сигнала

$$P_{\text{изл}} = P_S + G_A + B_C \text{ [дБ]} \quad (1)$$

где  $P_S$  - мощность передатчика;  $G_A$  - коэффициент усиления антенны;  $B_C$  - коэффициент передачи фидера и других цепей между передатчиком и антенной.

Необходимая мощность сигнала на приемной антенне:

$$P_A = P_{\text{ПР}} - G_{\text{ПА}} - B_{\text{ПС}} + \Delta_c \text{ [дБ]} \quad (2/11)$$

где  $P_{\text{ПР}}$  - чувствительность приемника;  $G_{\text{ПА}}$  - коэффициент усиления приемной антенны;  $B_{\text{ПС}}$  - коэффициент передачи фидера и других цепей между антенной и приемником;  $C$  - 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, требующей обеспечения связью. Например, при  $\Delta_c=0\text{дБ}$  мощность сигнала на входе приемника будет превышать заданный уровень в 50% случаев приема, при  $\Delta_c=10\text{дБ}$  - в 90%.

Допустимый уровень потерь на трассе распространения радиосигнала:

$$L_D = P_{\text{изл}} - P_A = P_S + G_A + B_C - P_{\text{ПР}} + G_{\text{ПА}} + B_{\text{ПС}} - \Delta_c \text{ [дБ]} \quad (3/12)$$

Методика оценки  $L_D$ , предлагаемая стандартом TETRA, основана на модели Хата, которая позволяет прогнозировать усредненные потери при распространении радиосигнала в открытом пространстве, сельской местности и в городе. Исходными данными для оценки потерь служат:

- $h_b$  - высота установки антенны базовой станции;
- $h_m$  - высота установки антенны мобильной станции;
- $f_c$  - несущая частота сигнала.

Коэффициент потерь в свободном пространстве определяется выражением:

$$L_{OA} = 27,81 + 27,72 \lg(f_c) - 13,82 \lg(h_b) - (1,1 \lg(f_c) - 0,7)h_m + \\ + (44,9 - 6,55 \lg(h_d)) \lg(R) - 4,78(\lg(f_c))^2 \text{ [дБ]}, \quad (4)$$

где  $R$  - расстояние от передатчика до точки оценки потерь.

В соответствии с методикой Хата коэффициент потерь при распространении сигнала в сельской местности

$$L_{RA} = L_{OA} + 10 \text{ [дБ]},$$

а при распространении сигнала в городе

$$L_{OA} = 63,35 + 27,72 \lg(f_c) - 13,82 \lg(h_b) - (1,1 \lg(f_c) - 0,7)h_m + \\ + (44,9 - 6,55 \lg(h_d)) \lg(R) - 2(\lg(f_c / 28))^2 \text{ [дБ]}. \quad (5)$$

Например, при  $h_m=1,5$ м,  $f_c=400$  МГц, и трех значениях  $h_m=30$ ; 50; 100м на рис. 1 и рис. 2 построены графики зависимости  $L_{OA}=f(R)$  для сельских и городских условий распространения радиоволн.

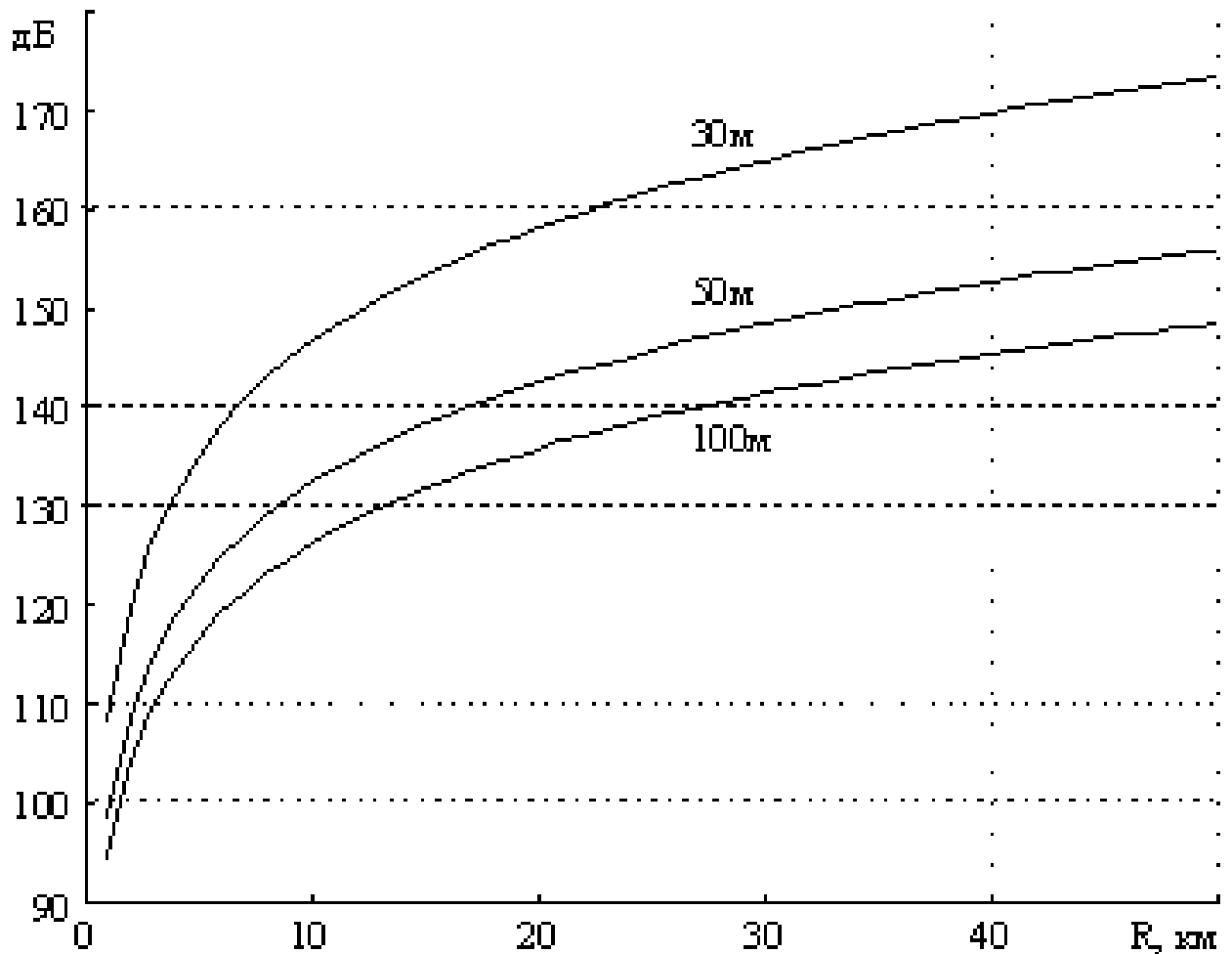


Рис. 1. График зависимости  $L_{OA}=f(R)$  для сельских условий.

В соответствии с приведенной методикой оценим дальности связи для сельских и городских условий распространения сигнала при исходных данных, представленных в таблице 10.

Поскольку, как правило, энергетический потенциал радиолинии сверху вниз (от базовой станции к подвижным абонентам) выше, чем в обратном направлении, то оценку дальности связи будем проводить для направлений подвижный абонент - базовая станция при динамических условиях распространения сигнала.

Для каждого варианта с учетом условий распространения сигнала подставим соответствующие значения в (14) или (15). Затем по графикам на рис. 1, рис. 2 найдем дальности связи. Результаты для двух значений обеспеченностью связью по месту 50% и 90% представить в таблице 11.

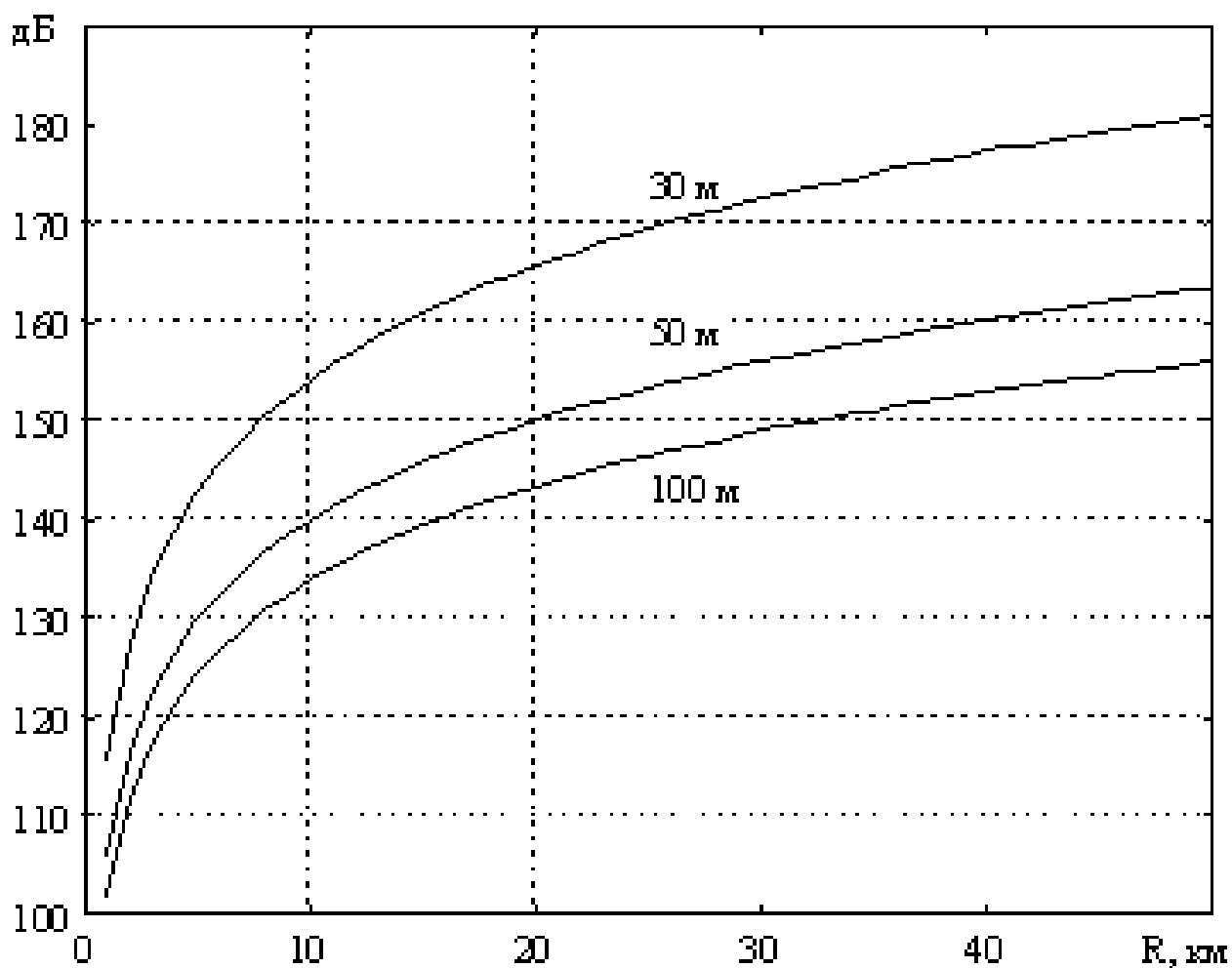


Рис. 2. График зависимости  $L_{OA}=f(R)$  для городских условий.

Процент обеспеченности связью, показанный в таблице, обеспечивается на границе зоны обслуживания, внутри области обслуживания обеспеченность будет составлять 75% и 95% соответственно.

Следует отметить, что представленные дальности связи ограничиваются чувствительностью приемника базовой станции по шумам, что характерно для систем без повторного использования радиочастот.

Таблица 1

Параметр	Базовая станция	Мобильная станция	Носимая станция
Мощность передатчика, дБм	44	40	30



Коэффициент передачи фидера, дБм	-6	-2	0
Коэффициент усиления антенны, дБм	8	2	-4
Чувствительность приемника динамические условия, дБм	-106	-103	-103
Высота установки антенны, м	50	1,5	1,5
Несущая частота, МГц	400		

Таблица 2

Направление связи	Мобильная станция - базовая станция		Носимая базовая станция - базовая станция	
	Процент обеспеченности связью	50%	90%	50%
Дальность связи в сельской местности, динамические условия, км				
Дальность связи в городе, динамические условия, км				

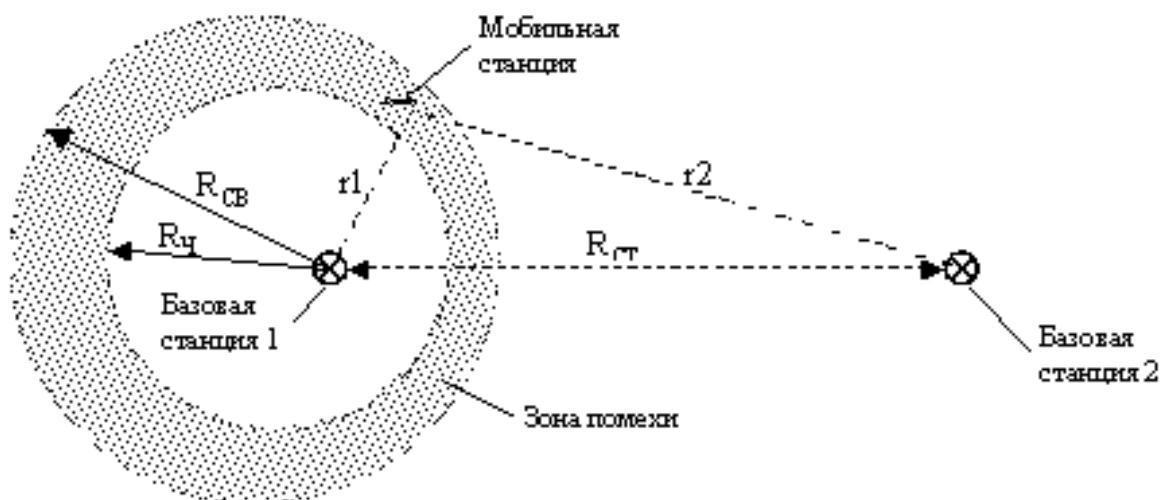


Рис. 3. Радиус связи при помехе от совмещенного канала.

При построении многозоновых систем с повторным использованием радиочастот чувствительность, как правило, ограничивается уровнем помехи по совмещенному каналу связи, что характерно для сотовых систем. На рис. 13 показана ситуация возникновения помехи по совмещенному каналу, когда имеются две базовые станции, работающие на одном канале, где  $R_{СВ}$  - радиус связи при ограничении по чувствительности приемника,  $R_{П}$  - радиус связи при ограничении по помехе от совмещенного канала.

Если на входе приемника мобильной станции действует сумма полезного сигнала и помехи от базовых станций 1 и 2 соответственно, то при отношении уровней сигналов  $E_1/E_2 < 19$  дБ в приемнике наблюдается помеха по совмещенному каналу. Географическая область действия помехи зависит от соотношения расстояний  $r_1$ ,  $r_2$  и условий распространения радиосигнала. При разработке частотно-территориального плана многозоновой системы с повторным использованием радиоканалов важным является обеспечение уровня помех по совмещенному каналу в пределах заданного значения. Это требование может быть выполнено при размещении базовых станций с повторным использованием каналов на определенном расстоянии ( $R_{СТ}$ ) друг от друга. В таблице 12 представлены относительные расстояния ( $R_{СТ}/R_{П}$ ) при допустимых вероятностях помех 5% и 10% для различных значений флуктуаций сигнала на входе приемника. Эти данные могут быть использованы как ориентировочные при предварительном проектировании системы.

Таблица 12

Флуктуации поля	Вероятность помехи по совмещенному каналу	
	5%	10%
6 дБ	7,7	6,6
8 дБ	9,7	7,9
10 дБ	12,4	9,5

### Мощность передатчика

Стандартные мощности передатчиков базовой и подвижной станции для всех классов приведены в таблице 2.

Таблица 2.

Класс станции	Мощность					
	Базовая станция		Мобильная станция		Носимая станция	
	Вт	дБм	Вт	дБм	Вт	дБм
1	40	46	30	45	3	35
2	25	44	10	40	1	30
3	15	42	3	35	-	-
4	10	40	1	30	-	-
5	6,3	38	-	-	-	-
6	4	36	-	-	-	-
7	2,5	34	-	-	-	-
8	1,6	32	-	-	-	-
9	1	30	-	-	-	-
10	0,6	28	-	-	-	-

### Чувствительности приемника радиостанции

Чувствительность базовой и мобильной радиостанции для речевого канала (ТСН/S) (см. таблицу 6).

Таблица 6 Чувствительность базовой и мобильной радиостанции

Тип радиостанции	Условия распространения радиосигнала	
	статические	динамические

Базовая	-115 дБм	-106 дБм
Мобильная	-112 дБм	-103 дБм