

**УЗБЕКСКОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ И ИНФОРМАТИЗАЦИИ
ТАШКЕНТСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Кафедра
Антенно-фидерных
устройств

**АНТЕННЫ МОБИЛЬНЫХ И
СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ.
ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ
И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИХ ВЫПОЛНЕНИЮ**
для направления образования
5A524401 - «Мобильные системы связи»

Ташкент - 2008

ПРЕДИСЛОВИЕ

Данные методические указания содержат комплект задач по основным темам дисциплины «Антенны мобильных и спутниковых систем» и предназначены для использования в процессе самостоятельной работы магистрантов и на аудиторных групповых занятиях. Каждое задание сопровождается краткими методическими указаниями. По результатам расчетов каждого занятия магистранту необходимо провести их анализ и сформулировать выводы.

В данной работе имеются графические и другие материалы, собранные из различных литературных источников и приведенные к удобному виду для их использования в учебном процессе.

ЗАДАНИЕ 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИСТИННОГО МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ МАКСИМУМОВ И МИНИМУМОВ НАПРЯЖЕННОСТИ ПОЛЯ С УЧЕТОМ СФЕРИЧНОСТИ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

В результате работы по теме данного задания магистрант должен знать учет тропосферной рефракции и кривизны поверхности Земли в зоне освещенности;

– приобрести навыки в определении местоположений максимумов и минимумов интерференционной структуры поля.

Задача

Телевизионный передатчик излучает несущую изображения на частоте f . Известны значения высот подвеса передающей h_1 и приемной h_2 антенн, а также градиент индекса коэффициента преломления тропосферы dN/dh .

Требуется, используя данные вариантов таблиц 1.1 и 1.2, рассчитать истинные местоположения первых трех максимумов и минимумов напряженности поля с учетом кривизны Земли и тропосферной рефракции.

Таблица 1.1

Данные вариантов задания

Параметр	Предпоследняя цифра номера студенческого билета									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
№ ТВ канала	21	23	25	30	35	40	45	50	55	60
f , МГц	471,25	487,25	503,25	543,25	583,25	623,25	663,25	703,25	743,25	783,25
h_1 , м	200	180	160	140	120	100	80	60	40	20

Таблица 1.2

Данные вариантов задания

Параметр	Последняя цифра номера студенческого билета									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
h_2 , м	20	18	16	14	12	10	8	6	3	1,5
dN/dh , 1/м	-0,05	-0,04	-0,03	-0,02	-0,01	0	0,01	0,02	0,03	0,04

При выполнении задания сначала следует для плоской поверхности Земли рассчитать значения расстояний на которых будут наблюдаться максимумы и минимумы напряженности поля. Затем для этих расстояний требуется рассчитать значения приведенных высот h_1 , h_2 и аргумента косинуса $\theta + 4\pi h_1 h_2 / (\lambda r)$ и построить график зависимости аргумента косинуса $\theta + 4\pi h_1 h_2 / (\lambda r)$ от расстояния r . По графику определить значения $r_{1\max}$, $r_{2\max}$, $r_{3\max}$, $r_{1\min}$, $r_{2\min}$, $r_{3\min}$, учитывая, что максимумы напряженности поля наблюдаются при значениях $\theta + 4\pi h_1 h_2 / (\lambda r)$, равных 360° , 720° и 1080° , а минимумы напряженности поля – при 540° , 900° и 1260° . При расчете можно принять $\theta = 180^\circ$.

Результаты расчета свести в таблицу 1.3

Таблица 1.3

Параметр	$r_{1\max}$, М	$r_{1\min}$, М	$r_{2\max}$, М	$r_{2\min}$, М	$r_{3\max}$, М	$r_{3\min}$, М
h_1 , м						
h_2 , м						
$\theta + 4\pi h_1 h_2 / (\lambda r)$						
для плоской поверхности Земли						
для сферической поверхности Земли						

ЗАДАНИЕ 2

РАСЧЕТ ЗОНЫ ПОКРЫТИЯ ТЕЛЕ- И РАДИОВЕЩАНИЕМ

Задача 2.1

Телевизионный или радиовещательный передатчик с выходной мощностью P_1 , работающий на частоте f , подсоединен к передающей антенне с помощью коаксиального кабеля длиной l_ϕ , с погонным ослаблением α_1 . Известны значения высот подвеса передающей и приемной антенн h_1 и h_2 . Коэффициент усиления передающей антенны G_1 , градиент индекса коэффициента преломления тропосферы dN/dh . Известно значение минимальной используемой напряженности поля E_{min} . Место установки передающей антенны задается преподавателем.

Диаграмма направленности передающей антенны в горизонтальной плоскости имеет вид окружности.

Требуется, используя данные вариантов таблиц 2.1 и 2.2, рассчитать зону покрытия теле- или радиовещанием с помощью интерференционных формул и нанести границы этой зоны на карту.

Результаты расчета уровней напряженности поля представить в виде таблиц и графиков.

Таблица 2.1

Данные вариантов задания

Параметр	Предпоследняя цифра номера студенческого билета									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
P_1 , кВт	4	10	15	20	25	5	1	2	1	2
f , МГц	100,0	77,25	93,25	199,25	543,25	623,25	88,0	95,0	101,0	108,0
h_1 , м	200	235	290	315	330	335	200	190	150	100
dN/dh , 1/м	0,05	0,04	0,03	-0,02	-0,01	0	0,01	0,02	0,03	0,04
G_1 , дБ	7,8	7,8	7,8	9,0	14,8	14,8	10	11	12	13
l_ϕ , м	210	245	300	325	340	345	30	35	40	45
Вид вещания	РВ	ТВ	ТВ	ТВ	ТВ	ТВ	РВ	РВ	РВ	РВ

Таблица 2.2

Данные вариантов задания

Параметр	Последняя цифра номера студенческого билета									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
E_{min} , дБ	75	50	54	57	70	70	48	63	54	69
h_2 , м	1,5	3	10	15	20	1,5	3	10	15	20
α_1 , дБ/м	0,0043	0,003	0,002	0,001	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009	0,01

Задача 2.2

Телевизионный или радиовещательный передатчик с выходной мощностью P_1 , работает на частоте f . Высоты подвеса передающей и приемной антенн h_1 и h_2 . Коэффициент усиления передающей антенны G_1 . Также известны значения неровности местности Δh . Проценты мест L и времени T , равны 50%. Значение минимальной используемой напряженности поля E_{min} приведено в данных вариантов задания (табл. 2.2)

Диаграмма направленности передающей антенны в горизонтальной плоскости имеет вид окружности.

Требуется, используя данные вариантов таблиц 2.1 и 2.2, рассчитать зону покрытия теле- или радиовещанием по методике Шура и нанести эту зону на ту же карту. Результаты расчета уровней напряженности поля представить в виде таблиц и графиков.

Справочный материал по методике Шура приведен в Приложении 1.

ЗАДАНИЕ 3

РАСЧЕТ ЗОНЫ ПОКРЫТИЯ СОТОВОЙ СВЯЗЬЮ В ГОРОДЕ ПО МЕТОДИКЕ ОКАМУРЫ

Задача

Базовая станция сотовой связи оснащена антенной A_i (см. таблицу вариантов), на вход которой подается мощность P_1 . Известны значения механического угла наклона антенны Δ_H , высоты подвеса антенны базовой станции h_1 , высоты подвеса антенны сотового телефона h_2 и минимального значения мощности сигнала на входе сотового телефона P_{min} .

Данные варианты задания приведены в таблицах 3.1 и 3.2.

Методика Окамуры и характеристики антенн базовых станций приведены в Приложениях 2 и 3.

Требуется рассчитать зону покрытия сотовой связью с учетом направленных свойств антенны базовой станции по методике Окамуры в г. Ташкенте и нанести границы этой зоны на карту города.

Результаты расчета представить также в виде таблиц и графиков.

Таблица 3.1

Данные вариантов задания

Параметр	Предпоследняя цифра номера студенческого билета									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Тип антенны БС	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
f , МГц	900	1800	900	1800	900	1800	900	1800	900	1800
h_2 , м	1	1,5	2	1	1,5	2	1	1,5	2	1,5
Δ_H , град	0	2	4	6	0	2	4	6	0	2

Таблица 3.2

Данные вариантов задания

Параметр	Последняя цифра номера студенческого билета									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
h_1 , м	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65
P_{min} , дБм	-80	-85	-90	-95	-100	-80	-85	-90	-95	-100

ЗАДАНИЕ 4

РАСЧЕТ УРОВНЯ ПОМЕХ ОТ ТЕЛЕ- И РАДИОВЕЩАТЕЛЬНОГО ПЕРЕДАТЧИКА ЗА СЧЕТ ДАЛЬНОГО ТРОПОСФЕРНОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ

Задача

Телевизионный или радиовещательный передатчик с выходной мощностью P_1 , работающий на частоте f , находится на расстояниях 200, 300, 400 км от точки приема. Коэффициент усиления передающей антенны G_1 . Требуется, используя данные вариантов таблиц 2.1 и 2.2, рассчитать уровень помех от этого передатчика за счет дальнего тропосферного распространения (ДТР). Для этого необходимо определить значение множителя ослабления из графика $F_r = f(r, \lambda)$, перевести его значение в разы и умножить на значение напряженности поля в свободном пространстве.

Справочный материал, необходимый для расчета, приведен в Приложении 4.

ЗАДАНИЕ 5

РАСЧЕТ РАЗМЕРОВ И НАПРАВЛЕННЫХ СВОЙСТВ КОЛЛИНЕАРНОЙ АНТЕННЫ (антенны «OMNI»)

Задача

Антенна состоит из N элементов, запитываемых синфазно. Значение количества элементов N соответствует номеру в журнале группы.

Требуется рассчитать значения характеристики направленности в вертикальной плоскости с шагом 1...2 градуса и построить нормированные диаграммы направленности в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Необходимо также определить приблизительную длину антенны. Результаты расчета представить в виде таблиц.

ЗАДАНИЕ 6

РАСЧЁТ НАПРАВЛЕННЫХ СВОЙСТВ ПАРАБОЛИЧЕСКОЙ АНТЕННЫ ИСЗ

Задача

ИСЗ находится на удалении $r = 40000$ км от точки приёма. Передатчик спутника с выходной мощностью P_1 работает на частоте f . Коэффициент усиления наземной приёмной антенны G_2 . Облучатель соединён с передатчиком коротким отрезком коаксиального кабеля с волновым сопротивлением $W_\phi = 50$ Ом.

Требуется спроектировать передающую параболическую антенну с коэффициентом усиления G_1 , которая обеспечивала бы уровень мощности сигнала на входе наземного приёмника (на выходе приёмной антенны) $P_2 = -110$ дБВт.

Значения f , G_2 , P_1 и тип облучателя параболической антенны приведены в таблицах вариантов задания (табл. 6.1 и 6.2), где а - облучатель в виде вибратора с плоским контррефлектором; б - двухщелевой облучатель; в - облучатель в виде открытого конца круглого волновода; г - рупорный облучатель; д - облучатель в виде открытого конца прямоугольного волновода.

Рекомендуемый порядок выполнения задания приведен в Приложении 5.

Таблица 6.1

Данные вариантов задания

Параметр:	Последняя цифра номера студенческого билета									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
f , ГГц	3	10	6	4	7,5	3	10	6	4	7,5
G_2 , дБ	45	50	49	46	51	40	45	44	41	46
Тип облучателя	а	б	в	г	д	а	б	в	г	д

Таблица 6.2

Данные вариантов задания

Параметр:	Последняя цифра номера студенческого билета									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
P_1 , Вт	40	45	42	43	47	44	50	46	41	48

ЗАДАНИЕ 7

РАСЧЕТ САНИТАРНО-ЗАЩИТНОЙ ЗОНЫ И ЗОНЫ ОГРАНИЧЕНИЯ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Задача

На антенной башне ТашРТПЦ имеются антенно-фидерные устройства телевизионных передатчиков 3, 5, 9, 11, 30 и 40 телевизионных каналов, «Камалак-ТВ» и других радиотехнических объектов типа станций УКВ-ЧМ радиовещания, «Алтай-3М», служебной радиосвязи и т.д. Информация по значениям излучаемой мощности радиосредств, антенно-фидерным устройствам и методика расчета санитарно-защитных зон и зон ограничения приведены в Приложении 6. Набор радиотехнических объектов задается преподавателем.

Требуется рассчитать санитарно-защитную зону и зону ограничения заданных радиотехнических объектов ТашРТПЦ.

ЗАДАНИЕ 8

РАСЧЕТ ОРИЕНТАЦИИ АНТЕННЫ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ НА ИСЗ

Задача

Номер спутника S_i выбирается магистрантом из таблицы 8.1 вариантов задания. Методика определения углов ориентации антенны на ИСЗ и справочная информация по спутникам $S_1 - S_{25}$ приведены в Приложении 7. Требуется определить на заданный спутник угол места β и азимутальный угол φ для приема спутниковых программ в г. Ташкенте.

Таблица 8.1

Данные вариантов задания

Параметр	Номер по журналу группы									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Номер спутника	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10

Параметр	Номер по журналу группы									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Номер спутника	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20

Параметр	Номер по журналу группы				
	21	22	23	24	25
Номер спутника	S21	S22	S23	S24	S25

**П.1. РАСЧЕТ ЗОН ПОКРЫТИЯ РАДИО И ТЕЛЕВИЗИОННЫМ
ВЕЩАНИЕМ (МЕТОДИКА ШУРА)**

П.1.1. Основные соотношения

Эффективно - излучаемая мощность - P_{Σ} радиопередающей станции, в главном направлении антенны

$$P_{\Sigma} = PG \eta, \quad (\text{П.1.1})$$

где P - мощность передатчика на входе фидера, кВт; G - коэффициент усиления передающей антенны по мощности относительно полуволнового вибратора и η - коэффициент полезного действия фидера.

Эффективно-излучаемую мощность часто выражают в децибелах относительно 1кВт

$$P_{\Sigma} = P + G + \eta, \text{ дБкВт.} \quad (\text{П.1.2})$$

где все величины выражены в децибелах.

Эффективно-излучаемую мощность не следует отождествлять с эквивалентной изотропно-излучаемой мощностью, которую определяют аналогично, но значение коэффициента усиления антенны берется относительно ненаправленной (изотропной) антенны (разница значений излучаемой мощности составляет 2,15дБ).

Эффективно-излучаемая мощность в децибелах относительно 1 кВт в любом направлении от передающей антенны определяется с учетом ее диаграммы направленности

$$P_{\Sigma} = P_{\Sigma} + F(\Delta)^2 + F(\varphi)^2, \text{ дБкВт,} \quad (\text{П.1.3})$$

где $F(\Delta)^2$ и $F(\varphi)^2$ - значения характеристик направленности передающей антенны по мощности в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

Δ - угол в вертикальной плоскости между линией горизонта, проведенной через геометрический центр антенны и направлением на точку приема;

φ - угол в горизонтальной плоскости между направлением максимального излучения и направлением на точку приема.

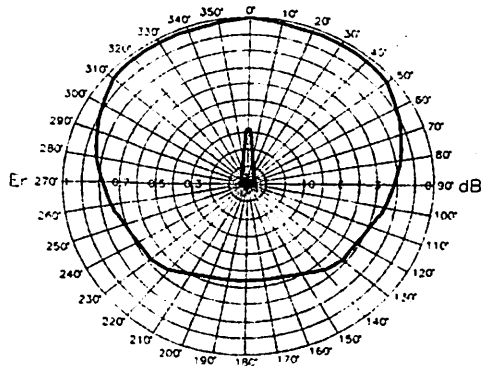
На рис.П.1.1. *а* и *б* приведены нормированные ориентировочные диаграммы направленности антенн в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

Влияние рефракции приближенно учитывают путем замены в соответствующих формулах действительного радиуса Земли $a = 6370$ км его эквивалентным значением a_e .

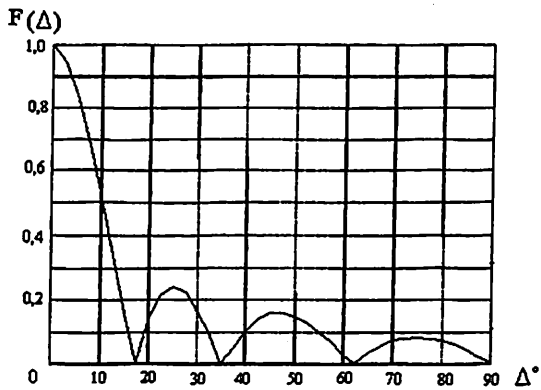
Эквивалентный радиус Земли

$$a_3 = / [1 + 0,5a(d \varepsilon / dZ)],$$

(II.1.4.)



а)



б)

I.1.1. Ориентировочная диаграмма направленности передающей антенны (а - в горизонтальной плоскости, б - в вертикальной плоскости)

измеряют в километрах. На распространение радиоволн метрового и дециметрового диапазонов влияет приземный слой атмосферы толщиной 8...14 км, т.е. тропосфера. В этом слое метеорологические параметры — влажность, температура и атмосферное давление сильно изменяются во времени и в пространстве. Диэлектрическая проницаемость воздуха ϵ зависит от этих параметров и также сильно изменяется, причем по случайному закону. В большей части времени года в тропосфере линейно уменьшается по вертикали среднее значение градиента диэлектрической проницаемости $d\epsilon/dZ$, где Z — высота над поверхностью Земли. Это приводит к рефракции, т.е. к плавному искривлению траектории радиоволн. Причем траектория радиоволны представляет собой выпуклую вверх дугу.

Эквивалентный радиус Земли — это радиус гипотетической сферической Земли, для которой расстояние до горизонта r_r в предположении прямолинейного распространения радиоволн является таким же, как и расстояние до горизонта для фактической Земли, окруженной атмосферой с постоянным значением вертикального градиента коэффициента преломления (рис. П.1.2).

Во многих районах средней полосы, в 50% времени года значение вертикального градиента диэлектрической проницаемости воздуха равно $8 \cdot 10^{-8}$, 1/м. Следовательно, в расчетах обычно принимают $a_3 = 4a/3 = 8500$ км, что соответствует средним условиям распространения радиоволн. В небольшие периоды времени изменение значений вертикального градиента существенно отличается от линейной зависимости. В таких случаях понятие об эквивалентном радиусе будет неприменимо. Оно будет также неприменимо при чрезмерных значениях градиентов, когда имеет место сверхрефракция радиоволн.

Напряженность электрического поля в условиях свободного пространства — напряженность поля в месте приема при распространении радиоволн в идеальном свободном пространстве, в котором отсутствует влияние земли и атмосферы. Значение напряженности поля в условиях свободного пространства может быть легко вычислено и его часто используют как исходное для расчета во всех диапазонах частот. На расстоянии r от станции напряженность поля в свободном пространстве, мкВ/м,

$$E_0 = 222 \cdot 10^3 \sqrt{P_\Sigma / r}, \quad (\text{П.1.5})$$

где P_Σ — эффективно-излучаемая мощность, кВт, r — расстояние, км.

Выражение в децибелах (П.1.5) имеет вид

$$E_0 = 106,9 - 20 \lg r + P_\Sigma, \quad (\text{П.1.6})$$

где P_Σ дБкВт.

Напряженность поля выражается в децибелах относительно 1 мкВ/м , но для краткости везде указывают размерность в децибелах.

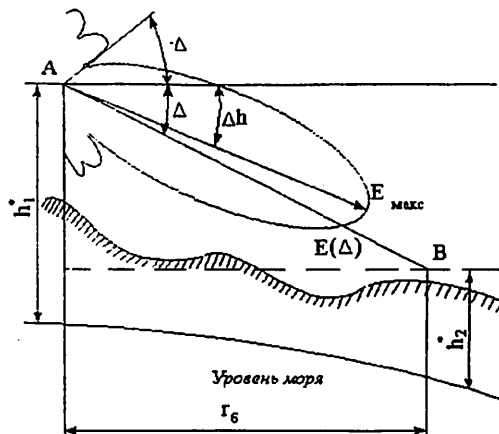


Рис.П.1.2. Положение диаграммы направленности передающей антенны в вертикальной плоскости (А и В — точки передачи и приема)

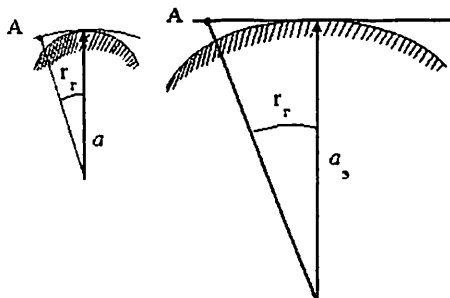


Рис.П.1.3. К определению эквивалентного радиуса Земли

Если эффективно-излучаемая мощность выражена в Ваттах, то напряженность поля в свободном пространстве получится в мкВ/м ,

$$E_0 = 7 \cdot 10^3 \sqrt{P_{\Sigma}} / r, \quad (\text{П.1.7})$$

или в децибелах

$$E_0 = 76,9 - 20 \lg r + 10 \lg P. \quad (\text{П.1.8})$$

Расстояние прямой видимости. Между антеннами передающей станции и приемного устройства будет иметь место прямая видимость до тех пор, пока линия визирования АВ (рис.П.1.4), проходящая через электрические центры антенн, на всем протяжении идет выше уровня земной поверхности (с учетом высот предметов на местности). Расстояние, при котором линия визирования касается наивысшей точки препятствия, называют *предельным расстоянием прямой видимости* r_0 ; для гладкой сферической земной поверхности, км,

$$r_0 = \sqrt{2a_0} (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}), \quad (\text{П.1.9})$$

где h_1, h_2 и a_0 - высоты подвеса антенн и эквивалентный радиус Земли, км. Для среднего состояния тропосферы, т. е. при $a_0 = 8500$ км, предельное расстояние, км,

$$r_0 = 4,12 (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}), \quad (\text{П.1.10})$$

где h_1, h_2 - высоты подвеса антенн, м.

Угол закрытия антенны (передающей или приемной) γ отсчитывают между горизонтальной плоскостью и направлением на горизонт (рис.1.5). Угол закрытия считают положительным, если вершина препятствия находится выше горизонтальной плоскости и отрицательным, если ниже. Угол закрытия определяют из профиля оконечного участка трассы, рад

$$\gamma = (Z_1 - h^*) / 10^3 r_1 - [r_1 / 2a_0], \quad (\text{П.1.11})$$

где h^* - высота центра антенны над уровнем моря, м; Z_1 - высота препятствия, определяющего закрытие, над уровнем моря, м; r_1 - расстояние от антенны до препятствия, км. Дугу - уровень моря (или условный уровень, лежащий выше или ниже уровня моря) - строят по координатам точки дуги r и Z . Задаваясь разными значениями, r в км, находят $Z = 500 r^2 / a_0$, где r и a_0 - в км.

Эквивалентное расстояние. В расчетах, связанных с распространением радиоволн за пределы прямой видимости вместо истинного расстояния от передатчика до приемника вводят в некоторых случаях эквивалентное расстояние r^* , которое позволяет учесть влияние на уровень сигнала рельефа местности и приподнятость трассы над уровнем моря. В случаях, когда

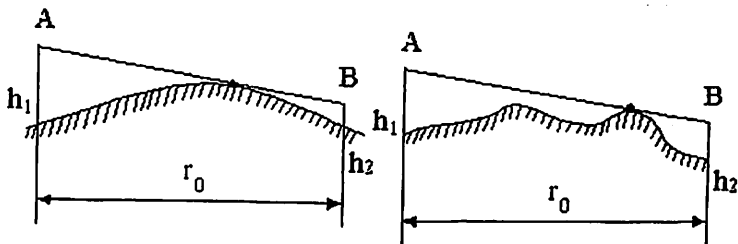


Рис.П.1.4.К определению расстояния прямой видимости над гладкой и неровной земной поверхностью

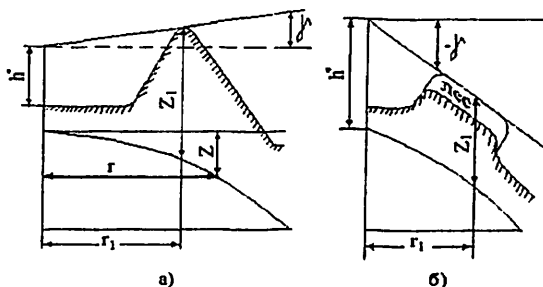


Рис.П.1.5. Примеры построения профилей конечных участков трассы при углах закрытия (а — положительной; б — отрицательной)

трассы расположены на высоте $Z_{mp}=0,15...0,25$ км над уровнем моря эквивалентное расстояние равно, км

$$r_2 = r_2' + a_2(\gamma_1 + \gamma_2), \quad (\text{П.1.12})$$

где γ_1 и γ_2 - углы закрытия передающей и приемной антенны, рад; a_2 - в км. С учетом приподнятости трассы эквивалентная длина трассы, км

$$r_2 = r_2' \sqrt{1 + 8a_2(Z_{mp} - 0,2)/(r_2')^2}, \quad (\text{П.1.13})$$

где все величины подставляются в километрах. Формула справедлива при условии

$$-0,3 < 8a_2(Z_{mp} - 0,2)/(r_2')^2 < 6. \quad (\text{П.1.14})$$

Отсюда следует, что на горных трассах эквивалентное расстояние возрастает а на морских уменьшается. Высоту трассы определяют графически из профиля трассы. Графическое определение поясняется рис.П.1.6. Здесь $Z_{\text{тп}}$ - разность высот между точками пересечения касательных к препятствиям АС и ВС и линий А'С', В'С', проведенных параллельно касательным; АА' и ВВ' - высоты подвеса антенн над уровнем моря.

Эквивалентное расстояние целесообразно использовать при углах закрытия не более $1,5^\circ$. Над гладкой сферической земной поверхностью, приподнятой относительно уровня моря на $0,15 \dots 0,25$ км, $r_3 = r - r_0$, км.


П.1.2. Расчет напряженности поля

Порядок расчета. На неровной местности в точках приема, удаленных на одинаковое расстояние от передающей станции, напряженность поля сигнала является случайной величиной. Она изменяется от точки к точке вследствие разного экранирующего влияния рельефа и во времени вследствие неустойчивого состояния тропосферы. По этой причине напряженность поля оценивают статистически - по процентам мест (точек) и времени приема. При этом предполагается, что рельеф местности является регулярным, т.е. отдельные неровности (холмы, горы) примерно одинаковы.

Напряженность поля на расстоянии r от передающей станции, превышаемая в L % мест приема и в T % времени

$$E(r, L, T) \geq P_{\Sigma} + E(50, 50) + F(\Delta h) + F(h_2) + \Delta E(L) + \Delta E(T), \text{ дБ}, \quad (\text{П.1.15})$$

где P_{Σ} - эффективно-излучаемая мощность, дБкВт; $E(50, 50)$ - медианное значение напряженности поля (по 50% мест и времени при высоте подвеса приемных антенн $h_2 = 10$ м, $P_{\Sigma} = 0$ дБ (1кВт); $F(\Delta h)$ и $F(h_2)$ поправочные коэффициенты, учитывающие степень неровности местности и высоту подвеса приемных антенн, дБ; $\Delta E(L)$ и $\Delta E(T)$ - отклонения значений напряженности поля от медианного значения в заданных процентах мест L и времени T приема, дБ.

Предполагаемый метод расчета полуэмпирический. Следует иметь в виду, что расчеты дают правильный результат для достаточно протяженного участка местности, охватывающего всевозможные неровности. Метод расчета базируется на документах МККР и ОИРТ, но содержит ряд дополнений и уточнений, введенных на основании результатов экспериментальных исследований. 

Оценка неровности местности. Для оценки степени вероятности местности используют параметр Δh , который определяется как разница высот (отметок) местности, превышаемых на 10 и 90% на определенном расстоянии. В документах МККР (Рекомендации 370-4) это расстояние рекомендуется отсчитывать в пределах 10...50 км в направлении от передатчика к точкам приема. В документах ОИРТ его рекомендуют брать в пределах 30...40 км от приближенно предполагаемой границы зоны приема в сторону передающей станции (рис.П.1.7). Второй подход предпочтителен, поскольку на уровень сигнала гораздо сильнее влияют неровности местности, расположенные перед приемными антеннами. Если радиус зоны приема передающей станции меньше 30 км, то параметр определяется по всему радиусу. На наклонных трассах следует отсчитывать от линии, проходящей через середину неровностей.

Значение Δh удобно найти из статистического распределения высот предметов на местности. Выбор высот должен быть таким, чтобы они охватывали все крупные предметы (детали рельефа). Обычно бывает достаточно взять 30 значений высот через 1 км.

По грубой оценке параметр Δh равен половине среднего значения высот холмов или гор от подошвы до вершины на рассматриваемом участке.

Параметр Δh , м, позволяет ввести условную классификацию типов местности:

	Δh , м
Равнинная или водная поверхность	0...25
Равнинно-холмистая (среднепересеченная)	25...75
Холмистая (сильнопересеченная)	75...150
Гористая	150...400
Очень высокие горы, не менее	400.

Медианное значение напряженности поля. На равнинно-холмистой местности, на расстояниях менее 10 км его определяют по кривым распространения рис.П.1.8. Здесь и далее, на кривых указана эффективная высота подвеса передающей антенны, измеренная в метрах.

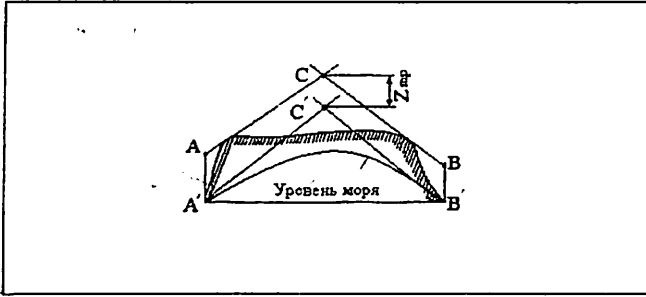


Рис.П.1.6.К определению высоты трассы над уровнем моря

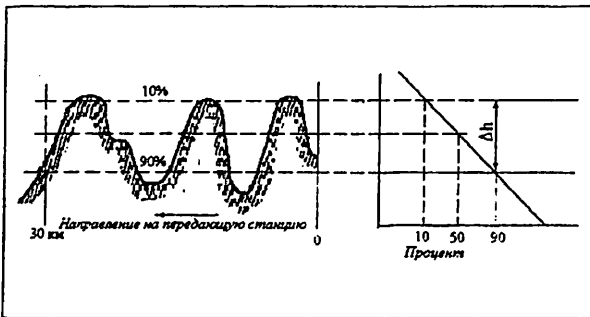


Рис.П.1.7.К определению параметра, характеризующего степень неровности местности Δh (справа график статистического распределения отметок местности)

На расстояниях свыше 10 км, медианное значение напряженности поля определяется по рис.П.1.9, П.1.10 (Рекомендация 370-4). Данные зависимости получены по результатам многочисленных измерений, проведенных в разных регионах земного шара при $\Delta h = 50$ м. Для значений эффективных высот подвеса передающей антенны 20 и 10 м кривые распространения могут быть получены с использованием поправочных коэффициентов, соответственно -5дБ и -11 дБ для расстояний 10...25 км. Для расстояний выше 250 км поправку принимают равной нулю. Для промежуточных расстояний 20...250 км поправку находят, используя линейную интерполяцию. Для эффективных высот подвеса антенн передатчика, превышающих 1200м, напряженность поля на расстояния r принимают равной напряженности, определяемой по зависимости для

эффективной высоты 300 м на расстоянии $(r+70-4,1\sqrt{h_{1\text{эф}}})$, км. Такую экстраполяцию применяют только к загоризонтным расстояниям $r_0 \geq (4,1\sqrt{h_{1\text{эф}}} + 70)$ км. Для расстояний 100... r_0 , км, предполагается, что напряженность поля превышает значение для 1200 м на столько же. насколько оно превышает при расстоянии, равном r_0 . Для расстояний меньше 100 км используют интерполяцию, полагая 0 дБ на расстоянии 20 км до значения поля, найденного для 100 км. Это выполняется при условии, что напряженность поля не превышает напряженности поля свободного пространства.

Зависимости напряженности поля от расстояния на рис. П.1.8-П.1.10, иногда аппроксимируют с помощью формулы, дБ

$$E(50,50) = B_0 + B_1 \lg r + B_2 (\lg r)^2 \quad (1.16)$$

где B_0 , B_1 и B_2 – коэффициенты, значения которых приведены в табл. П.1.1 и П.1.2 для метрового и дециметрового диапазонов. Эти зависимости можно также аппроксимировать рядом формул. Предварительно вычисляют расстояние прямой видимости $r_0 = 4,1(\sqrt{h_{1\text{эф}}} + \sqrt{10})$ и эквивалентное расстояние $r_3 = r - r_0$, км.

При $r \leq r_0$ (в зоне прямой видимости) медианное значение определяют в зависимости от расстояния если $1,5 \leq r \leq 10$ км

$$E(50,50) = 108 - 30,5 \lg r + (8,5 + 16,5 \lg r) \lg(h_{1\text{эф}}/150). \quad (П.1.17)$$

если $10 \leq r \leq 155$ км, то сначала определяют поправку на высоту подвеса передающей антенны

$$F(h_{1\text{эф}}) = \chi \exp[h_{1\text{эф}} / 4600] \lg(h_{1\text{эф}} / 300), \quad (П.1.18)$$

где χ – коэффициенты, зависящие от частоты.

Медианное значение будет равно

$$E(50,50) = \begin{cases} 100 \exp[-Y(\lg r)^3] + F(h_{1\text{эф}}), & 10 \leq r \leq 84 \text{ км}, \\ 85 \exp[-0,0125(r-84)] + F(h_{1\text{эф}}) - \psi, & 84 \leq r \leq 155 \text{ км}, \end{cases} \quad (П.1.19)$$

где Y, ψ – коэффициенты зависящие от частоты.

При $r > r_0$ медианное значение рассчитывают в зависимости от эквивалентного расстояния, сначала в зоне дифракции, затем в зоне дальнего тропосферного распространения радиоволн

$$E(50,50) = \begin{cases} 35 \exp[-0,0125r_3] - \psi, & 0 < r_3 \leq 125 \text{ км}, \\ \xi - \mu r_3, & 125 < r_3 \leq 600 \text{ км}. \end{cases} \quad (П.1.20)$$

При расчете медианного значения по этим формулам следует учитывать зависимость коэффициентов от частоты:

30...250 МГц	$\chi=23$	$Y=0,15$	$\psi=0$	$\xi=16$	$\mu=0,096$
450...1000 МГц	$\chi=27$	$Y=0,165$	$\psi=7$	$\xi=12$	$\mu=0,108$

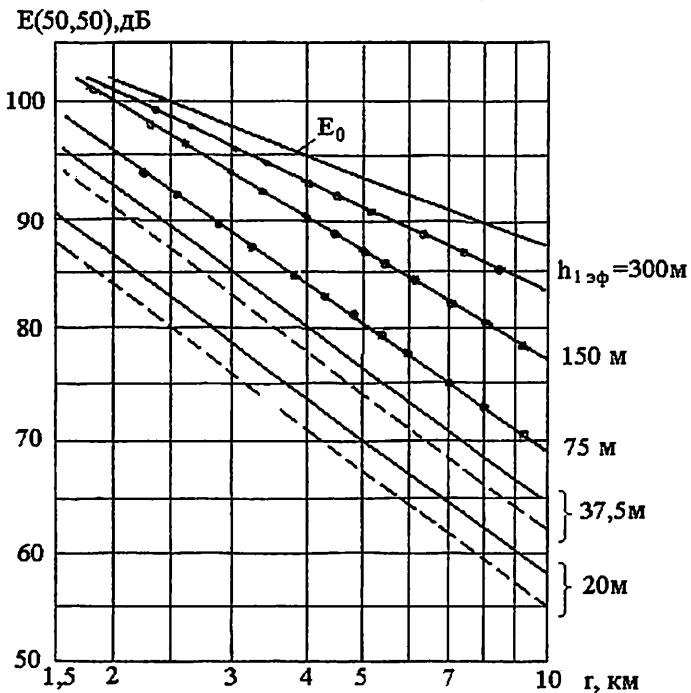


Рис.П.1.8. Зависимость медианного значения напряженности поля от расстояния на равнинно-холмистой местности (— линии для метрового диапазона, - - - - - для дециметрового диапазона $h_2=10$ м , $P_{\Sigma}=1$ кВт)

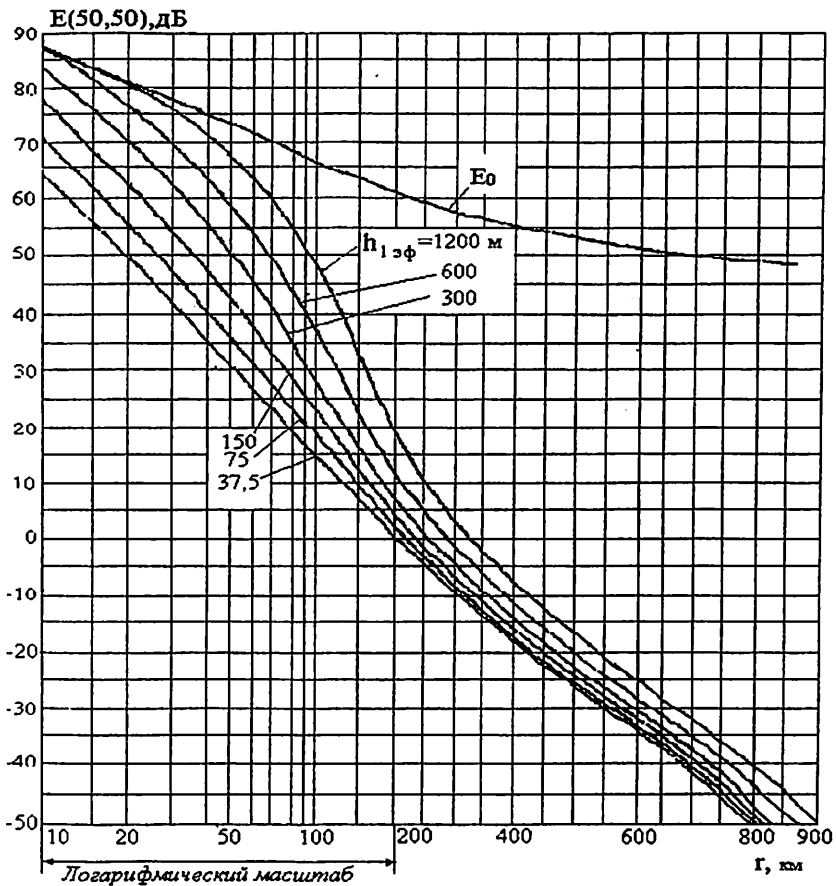


Рис.П.1.9.Зависимость медианного значения напряженности поля от расстояния. (Равнинно-холмистая местность (I - III ТВ диапазоны, $h_2 = 10 \text{ м}$, $P_{\Sigma} = 1 \text{ кВт}$)

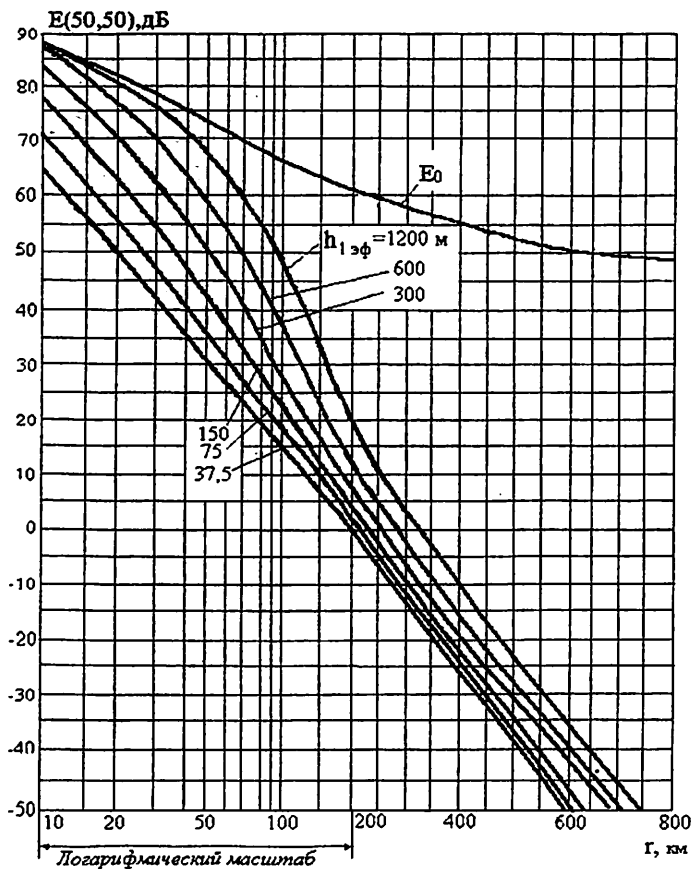


Рис.П.1.10.Зависимость медианного значения напряженности поля от расстояния. Равнинно-холмистая местность (IV, V ТВ диапазоны; $h_2 = 10$ м, $P_{\Sigma} = 1$ кВт)

Таблица П.1.1.

Значения коэффициентов B_0 , B_1 и B_2 – для метрового диапазона

$h_{1,эф}$	$r = 2...100$ км			$r = 100...550$ км		
	B_0	B_1	B_2	B_0	B_1	B_2
20,0	96,14	-35,39	-3,64	-79,89	120,10	-37,16
37,5	100,81	-32,66	-5,13	-45,06	96,50	-33,20
50,0	102,44	-31,16	-5,96	-21,00	77,63	-29,45
75,0	104,99	-28,73	-7,10	15,79	49,68	-24,08
100,0	105,73	-24,45	-9,05	34,08	35,95	-21,43
150,0	105,62	-15,92	-12,53	70,78	8,38	-16,10
200,0	102,6	-8,16	-15,2	91,28	-6,44	-13,34
250,0	99,29	-0,25	-17,86	111,82	-21,32	-10,58
300,0	95,97	7,66	-20,51	132,35	-36,18	-7,82
350,0	94,03	11,02	-21,34	144,29	-44,37	-6,37
400,0	92,08	14,38	-22,17	156,21	-52,53	-4,94
450,0	90,96	16,65	-22,64	168,98	-61,44	-3,34
500,0	89,68	19,09	-23,17	181,69	-70,31	-1,75

Таблица П.1.2

Значения коэффициентов B_0 , B_1 и B_2 – для дециметрового диапазона

$h_{1,эф}$	$r = 2...100$ км			$r = 100...550$ км		
	B_0	B_1	B_2	B_0	B_1	B_2
20,0	53,00	-40,07	-3,74	-52,92	102,30	-35,71
37,5	105,23	-40,30	-3,57	-38,05	92,77	-34,11
50,0	105,02	-36,07	-5,41	-31,31	88,11	-33,26
75,0	104,97	-28,83	-8,53	-17,17	77,96	-31,34
100,0	104,78	-21,48	-11,93	-9,23	72,53	-30,35
150,0	112,10	-22,52	-12,46	17,92	52,78	-26,65
200,0	108,81	-13,51	-15,67	38,62	37,54	-23,75
250,0	105,51	-4,49	-18,88	59,35	22,29	-20,85
300,0	102,21	4,52	-22,09	80,05	7,05	-17,95
350,0	94,89	15,80	-25,67	92,19	-1,31	-16,47
400,0	88,57	25,39	-28,52	104,31	-9,66	-14,98
450,0	81,96	35,45	-31,53	116,48	-18,06	-13,49
500,0	75,92	44,76	-34,33	128,85	-26,56	-11,99

В документах МККР и ОИРТ зависимости медианного значения напряженности от расстояния приведены для горизонтальной и вертикальной поляризации. Однако эксперименты показывают, что в области дифракции, т.е. на расстояниях 100...200 км, в лесистой местности, напряженности полей вертикально поляризованных метровых волн оказываются ниже расчетного значения на 12...16 дБ. Медианное значение напряженности поля зависит от климатических условий. Чем климат теплее и влажнее, тем оно оказывается больше. Это относится к трассам, длина которых больше расстояния прямой видимости. Экспериментальные данные, полученные для Западной Европы и Северной Америки показывают, что между медианным значением напряженности поля и градиентом индекса рефракции на первом километре атмосферы имеется корреляционная зависимость. Зависимости медианного значения напряженности поля от расстояния рис.П.1.8...П.1.10 относятся к зонам с умеренным климатом, причем $\Delta n = (n_1 - n_3)10^6 \approx -40$ единиц, где n_3 , n_1 — коэффициенты преломления, измеренные у поверхности Земли и на высоте 1 км. Если среднее значение Δn для данного района заметно больше или Δn меньше -40, то, применяя к кривым поправочный коэффициент, равный -0,5 ($\Delta n + 40$) дБ, получают соответствующие значения медианы напряженности поля для всех расстояний за пределами прямой видимости.

Эффективная высота подвеса передающей антенны, м, для равнинной и равнинно-холмистой местности определяется как высота электрического центра антенны над усредненным уровнем участка земной поверхности 3...15 км в направлении от передающей антенны к точкам приема (рис.П.1.11.а)

$$h_{1эф} = \begin{cases} h_1^* - Z_{cp} & \text{при } h_{1эф} \geq 10 \text{ м,} \\ 10 \text{ м} & \text{при } h_{1эф} < 10 \text{ м,} \end{cases} \quad (\text{П.1.21})$$

где h_1^* — высота подвеса антенны над уровнем моря;

Z_{cp} — средняя отметка участка 3...15 км, которая может быть определена по среднеарифметическим значениям отметок всех впадин и возвышенностей.

Для холмистой и горной местности эффективная высота подвеса передающей антенны определяется аналогично, но Z_{cp} целесообразно определять на участке 3...30 км.

Если точки передачи и приема находятся на наклонном вверх или вниз участке местности, то эффективную высоту подвеса передающей антенны определяют между наклонной линией, проведенной через середину неровностей местности, и параллельной ей линией, проведенной через центр антенны (рис. П.1.11).

Поправочный коэффициент, учитывающий неровность местности (поправка) можно определить по графикам рис.П.1.12. Графики показывают, что с увеличением высот неровностей медианное значение напряженности поля уменьшается, а при переходе от равнинно-холмистой местности к равнинной возрастает. Наибольшее изменение поля имеет место на расстоянии 50...100 км от антенны. Для расстояний свыше 200 км поправочный коэффициент в 2 раза меньше, чем на расстоянии 50...100 км. Зависит коэффициент от частоты в дециметровом диапазоне его значение больше, чем в метровом.

На основании новых экспериментальных данных, полученных в горной и холмистой местностях, установлено, что поправочный коэффициент интервала расстояний от антенны 20...100 км такой же, как и для интервала 50...100 км, Уточненные значения поправочного коэффициента, дБ могут быть определены по рис. 1.13, построенному по формуле

$$F(\Delta h) = \begin{cases} -\nu\chi_1 / g(\Delta h/50) & \text{при } \Delta h \geq 50 \text{ м,} \\ \nu\chi_2(50 - \Delta h) & \text{при } \Delta h \leq 50 \text{ м.} \end{cases} \quad (\text{П.1.22})$$

Коэффициенты χ_1 и χ_2 определяют в зависимости от диапазона частот ТВ диапазон частот I II III IV V

χ_1	18,6	20,6	25,7	38,5	45
χ_2	0,15	0,15	0,15	0,25	0,25

Для горной местности поправочный коэффициент определен для мест приема, расположенных в долинах ниже средней высоты гор. Следует проявлять осторожность при оценке поправочного коэффициента на местности, где $\Delta h > 300$ м, поскольку рельеф такой местности не всегда является регулярный, если пункты приема расположены на вершинах возвышенностей, поправкой можно пренебречь. Расстояния, для поправочного коэффициента выбраны неудачно. Это видно из того, что при расчетах возможны случаи, когда на участке 100...200 км напряженность поля с увеличением расстояния остается неизменной или даже возрастает. Целесообразно вводить графическую корректировку, при которой поле спадает плавно при увеличении расстояния.

Поправочный коэффициент на высоту подвеса приемных антенн для 50% мест приема необходимо рассчитывать при высоте подвеса антенн $h_2 \neq 10$ м. В (Рекомендации 370-4) указывается, что на равнинно-холмистой местности в дециметровом диапазоне снижение высоты подвеса антенн с 10 до 3 м приводит к уменьшению медианного значения напряженности поля на 6 дБ, если расстояние от мест приема до передающей станции не превышает 50 км. Для расстояний свыше 100 км значение поправочного коэффициента берется в

2 раза меньше. С увеличением степени неровности местности его значение также уменьшается. Для горной местности он равен нулю.

Результаты экспериментов показывают, что и дециметровом диапазоне для всех параметров Δh значение поправочного коэффициента в среднем больше на 1 дБ по сравнению с данными Рекомендации 370-4. На равнинно-холмистой местности он одинаков для всех диапазонов. В метровом диапазоне зависимость коэффициента от степени неровности местности сравнительно слабая (рис.П.1.14, кривая 1). В пределах зоны обслуживания радиопередающей станции (зона обслуживания примерно равна расстоянию прямой видимости) он не зависит от расстояния и может быть определен по формуле или рис.П.1.14

$$F(h_2) = C \lg(\Delta h / 50) - 7, \quad (\text{П.1.23})$$

где $C=2,6; 6$ для метрового и дециметрового диапазонов волн.

При высоте подвеса приемных антенн более 10м на равнинно-холмистой местности, вблизи границы зоны обслуживания поправочный коэффициент, дБ,

$$F(h_2) = (4 \lg f + 10) (\lg h_2 - 1) \quad (\text{П.1.24})$$

где f - частота, МГц, причем $10 \leq h_2 \leq 30$ м.

На расстояниях 200...1000 км от передающей станции с антеннами, поднятыми над землей на высоту h_2 так, что виден горизонт (например, на склоне горы), независимо от частоты, поправочный коэффициент, дБ,

$$F(h_2) = 0,5 \left(\sqrt{h_2} - \sqrt{10} \right), \quad (\text{П.1.25})$$

где $10 \leq h_2 \leq 100$ м.

Отклонение значения напряженности поля от медианного в заданном проценте времени $E(T)$ в ряде случаев может быть определено по кривым, приведенным Рекомендации 370-4. Некоторые из таких кривых приведены на рис.П.1.15...1.17. Для любого процента времени и в более удобной форме расчеты можно провести приближенно, полагая, что в точках приема в пределах, по крайней мере, 1...99% времени годовое статистическое распределение напряженности поля аппроксимируется логарифмически-нормальным законом. На этом основании отклонение напряженности поля в заданном проценте времени, дБ,

$$\Delta E(T) = \alpha_T K(T), \quad (\text{П.1.26})$$

где α_T - стандартное отклонение временного распределения, дБ;

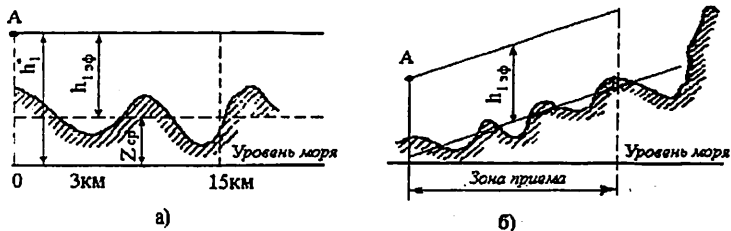
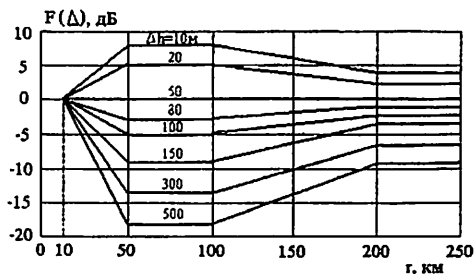
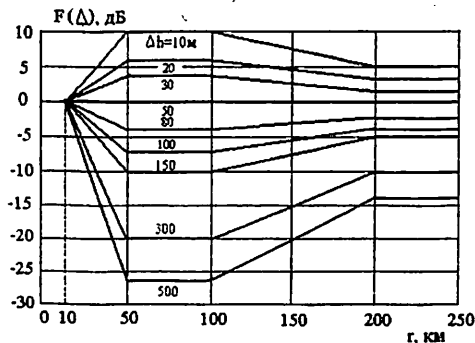


Рис.П.1.11. К определению эффективной высоты подвеса передающей антенны на местности (а - средняя высота которой одинакова; б - на наклонной)



а)



б)

Рис.П.1.12. Графики для определения поправочного коэффициента на неровной местности по МККР для ТВ диапазонов волн (а — II, III; б—IV, V)

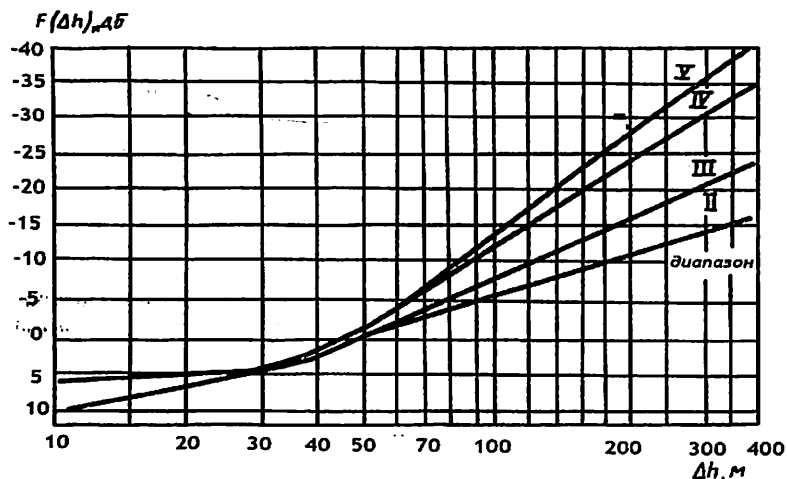


Рис.П.1.13. Зависимость поправочного коэффициента от степени неровности местности на расстояниях 20 ...100 км

K_T — безразмерная величина, распределенная по логарифмически-нормальному закону с нулевой медианой и стандартным отклонением, равным единице. Величину $K(T)$ определяют по графику рис.П.1.15, в зависимости от заданного процента времени. График построен с помощью табулированного интеграла Гаусса, %

$$T(K > K') = \left[1 - \left(1 / \sqrt{2\pi} \right) \int_{-\infty}^{K'} \exp\left(-\frac{K^2}{2}\right) dK \right] 100. \quad (\text{П.1.27})$$

Стандартное отклонение временного распределения, дБ, в метровом и дециметровом диапазонах волн для точек приема, расположенных на расстояниях менее 100 км от радиопередающей станции

$$\sigma_T = 6,5 [1 - \exp(-0,036T)]. \quad (\text{П.1.28})$$

Отклонение значений напряженности поля от медианного в заданном проценте мест приема. В соответствии с результатами опытов в расчетах принимают, что статистическое распределение напряженности поля по местоположению

приближенно аппроксимируется логарифмически - нормальным законом. Отклонение напряженности поля, дБ, в заданном проценте мест приема

$$\Delta E(L) = \sigma_L K(L), \quad (\text{П.1.29})$$

где σ_L – стандартное отклонение распределения напряженности поля по местоположению, дБ; $K(L)$ – безразмерная величина, определяемая по рис.П.1.15 или с помощью интеграла Гаусса.

Считается, что распределения напряженности поля во времени и по местоположению взаимно независимы, но это не строго, так как влияние рельефа проявляется по-разному в зависимости от условий рефракции.

Стандартное отклонение распределения напряженности поля по местоположению согласно Рекомендации 370-4 зависит от степени неровности местности и диапазона частот. Зависимость от расстояния исключается. Для равнинно-холмистой местности, в метровом диапазоне волн дается значение $\sigma_L = 8,2$ дБ, а в дециметровом диапазоне 9,3 дБ. Для холмистой и гористой местности в метровом диапазоне данных нет, а в дециметровом диапазоне они ограничены (при $\Delta h = 150, 300$ м $\sigma_L = 13,3$ и 16 дБ). Экспериментальные исследования, проведенные для многих районов, показывают, что для расстояний свыше 10 км значения стандартного отклонения можно определить из рис.П.1.17 или формулам, дБ:

$$\text{для метрового диапазона волн } \sigma_L = 6,3 \lg(\Delta h/50) + 7 \quad (\text{П.1.30})$$

$$\text{для дециметрового диапазона волн } \sigma_L = 9,5 \lg(\Delta h/50) + 9 \quad (\text{П.1.31})$$

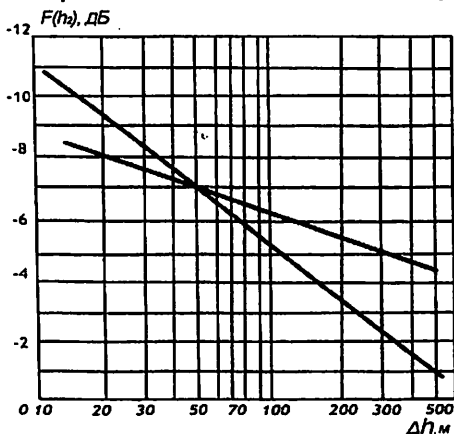


Рис.П.1.14. Зависимость поправочного коэффициента на высоту подвеса приемной антенны при ее снижении с 10 до 3 м от степени неровности местности для диапазонов волн (1 — метровых; 2 — дециметровых)

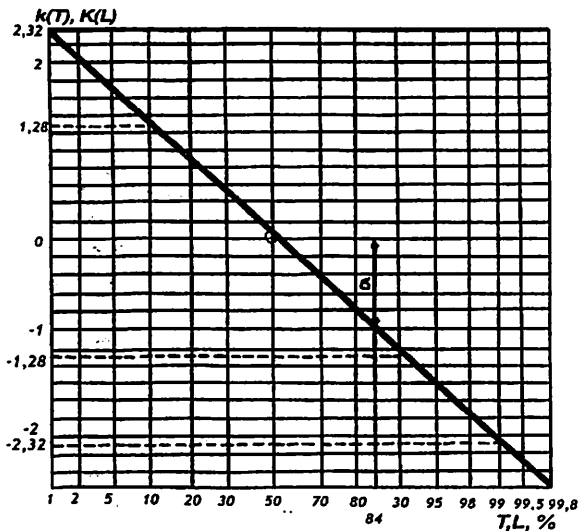


Рис.П.1.15. График нормированного логарифмически-нормального закона
 На расстояниях менее 10 км значения стандартного отклонения на равнинно-холмистой местности в диапазоне дециметровых волн следующие:

Расстояние, км	1	3	5	10
σ_L , дБ	5	7	8	9

В диапазоне метровых волн эти значения будут меньше примерно на 2 дБ. Напряженности поля, измеренные для городов, расположенных в зоне обслуживания радиопередающих ТВ станций, рассчитывают по (П.1.15), но с учетом следующих условий. При высоте подвеса приемных антенн 10 м медиана напряженности поля оказывается меньше, чем на такой же местности свободной от строений. Поэтому в (П.1.15) следует ввести коэффициент $F(s)$, учитывающий дополнительное ослабление, зависящий от плотности застройки города s и характера расположения зданий. Высота строений и строительный материал оказывают сравнительно небольшое влияние

Плотность застройки города (или квартала) определяют по плану как отношение застроенной части к общей площади (рис.П.1.20).

Из рис.П.1.19 видно, что дополнительное ослабление $F(s)$ для дециметрового диапазона волн изменяется в больших пределах. В частности, для большого города его значение составляет 10...15 дБ. В диапазоне метровых волн оно получается меньше примерно на 5 дБ. Дополнительное ослабление уменьшается по мере удаления точек приема от передающей станция (рис.П.1.23). Для крупных городов уменьшение высоты подвеса приемных антенн с 10 до 3 м приводит к уменьшению медианного значения напряженности поля на 7... 9 дБ на частотах 100...1000 МГц. При высоте

подвеса антенны менее 5 м влияние частоты и окружающей среды становится незначительным. В широком диапазоне частот уменьшение высоты подвеса антенн с 3 до 1,5 м приводит к уменьшению напряженности поля сигнала еще на 3 дБ. При подъеме антенн выше 10 м отмечается резкое возрастание сигнала. Поправочный коэффициент, дБ, для медианного значения напряженности поля при $h_2 > 10$ м

$$F(h_2) = \omega(lgh_2 - 1) \quad (\text{П.1.32})$$

где ω — постоянная величина: в дециметровом диапазоне $\omega = 40$, для кварталов с традиционной застройкой $\omega = 48$. Таким образом, приблизительно можно считать, что в дециметровом диапазоне зависимости напряженности от расстояния для равнинно-холмистой местности (см. рис. П.1.8; П.1.10) пригодны для городов, если антенны установлены на крышах 6...7-этажных зданий ($h_2 \approx 20$ м).

Распределение напряженности поля для города аппроксимируется логарифмически нормальным законом. Стандартное отклонение этого распределения зависит существенно от высоты установки приемных антенн. В центральных районах города с современной застройкой при высоте 10 м в дециметровом диапазоне $\sigma_L \approx 10$ дБ, при смешанной застройке новыми и старыми зданиями около 8 дБ. Такое же значение стандартного отклонения отмечается в пригороде с одноэтажными зданиями. По мере увеличения высоты подвеса антенны оно уменьшается, при высоте подвеса примерно 30 м - $\sigma_L \approx 7$ дБ, при высоте подвеса 50 м - около 3,5 дБ.

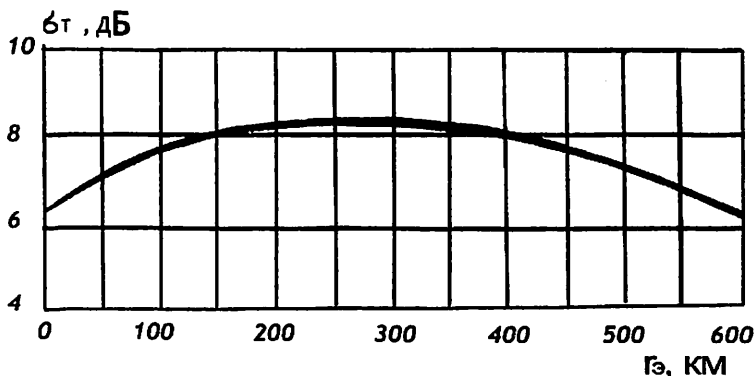


Рис. П.1.16. Зависимость стандартного отклонения временного распределения напряженности поля от эквивалентного расстояния.

6 Л.ДБ

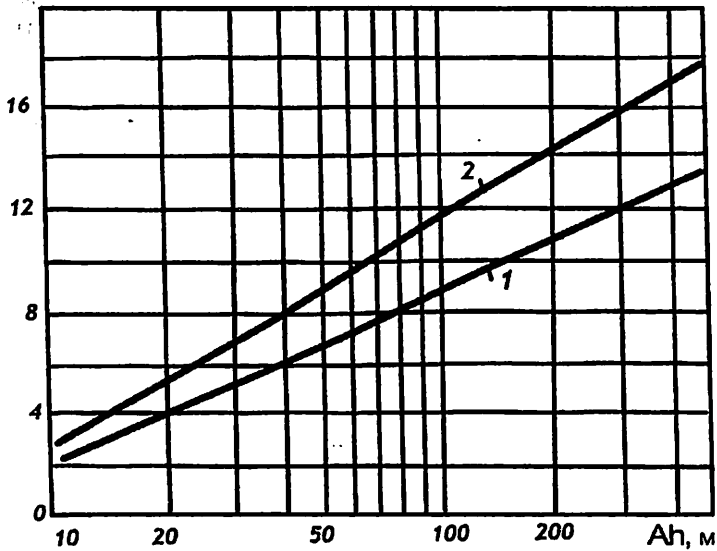


Рис.П.1.17. Зависимость стандартного отклонения местного распределения напряженности поля от степени неровности местности для диапазонов волн (1 - метровых; 2 - дециметровых)

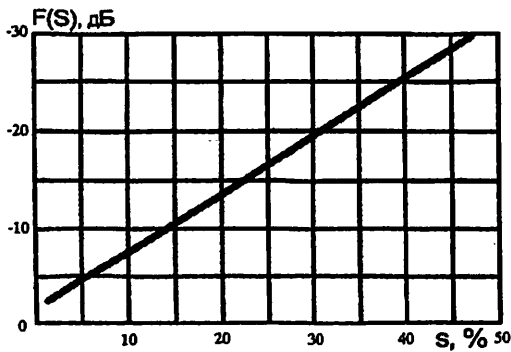


Рис.П.1.18. Зависимость дополнительного ослабления напряженности поля в городе от плотности застройки (дециметровый диапазон волн $r = 1 \dots 10 \text{ км}$, $h_2 = 10 \text{ м}$)

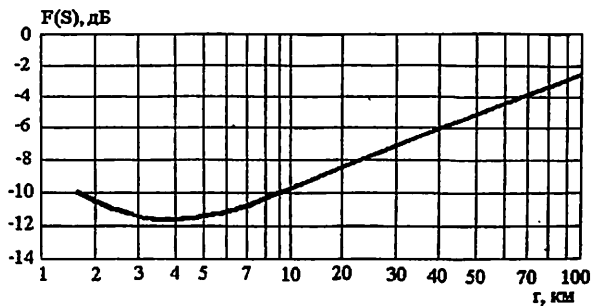


Рис.П.1.19. Зависимость дополнительного ослабления в городских кварталах с современной застройкой от расстояния до радиопередающей станции ($h_2=10$ м дециметровый диапазон)

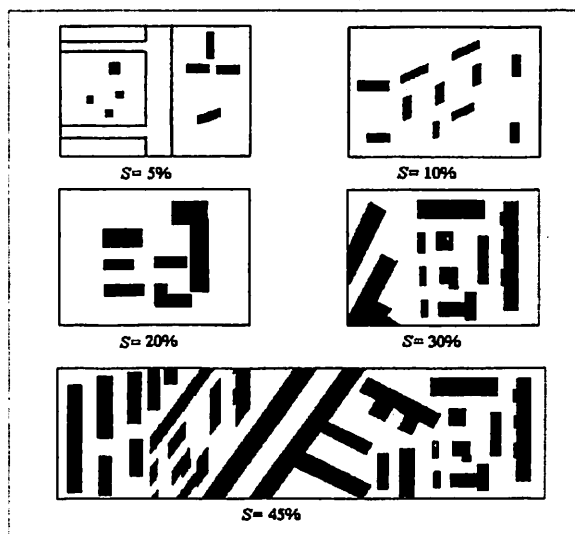


Рис.П.1.20. Примеры плотности застройки города

П.1.3. Определение границ зон покрытия радио и телевизионным вещанием

В табл.П.1.3 приведены значения используемой напряженности поля, принятые при планировании зон покрытия телевизионным вещанием [ГОСТ 7845-79] и данные МККР [Рекомендация 417-3 и Отчет 409-4]. Значения Рекомендации 417-3 предназначены для широкого использования, а представленные в Отчете 409-4 — для сельских районов с малой плотностью населения. В последнем случае необходимо применять приемные установки, оборудованные малозумящими антенными усилителями, и приемные антенны с большими коэффициентами усиления.

Таблица П.1.3

Принятые при планировании зон покрытия телевизионным вещанием значения используемой напряженности поля, дБмкВ/м

Стандарт	Диапазон частот				
	I	II	III	IV	V
СНГ (ГОСТ 7845-79)	50	54	57	70	70
МККР (Рек. 417-3)	48	—	55	65	70
МККР (Отчет 409-4)	46	—	49	58	64

В таблице П.1.4 приведены значения минимальной используемой напряженности поля, необходимые для планирования зон покрытия ОВЧ-ЧМ вещанием.

Таблица П.1.4

Значения минимальной используемой напряженности поля, дБ

Местность	$f=70$ МГц		$f=104$ МГц	
	моно	стерео	моно	стерео
Город с высоким уровнем шумов	60	75	60	75
Город со средним уровнем шумов	56	71	54	69
Сельская местность со средним уровнем шумов	46	61	48	63

При учете того, что граница зоны обслуживания проходит, как правило, по сельской местности и что расчетное значение $E_{\text{мин}} > 100$ мкВ/м, для планирования можно принять следующие значения $E_{\text{мин}}$ для служб вещания:

монофонического вещания в диапазонах	
66...74 МГц.....	46 дБ,
100...108 МГц.....	48 дБ,
стереофонического вещания в диапазонах	
66...74 и 100...108 МГц.....	54 дБ.

Для определения границ зоны вещания необходимо для каждого из азимутов построить график зависимости напряженности поля от расстояния $E=f(r)$ и по значению минимальной используемой напряженности поля (табл.П.1.3 и П.1.4) определить удаление $r_{\text{гр}}$ от передающей антенны границ зоны вещания. Найденные значения $r_{\text{гр}}$ занести в таблицу и по ним на карте нанести границы зоны вещания.

МЕТОДИКА ОКАМУРЫ

Определение уровня поля в точке приёма. Для вычисления медианного значения мощности сигнала, принимаемого антенной подвижного или стационарного объекта в городских условиях, можно использовать следующее выражение, в котором все составляющие приведены в децибелах

$$P_2 = 10 \cdot \lg P_0 - L_n, \quad (\text{П.2.1})$$

где P_0 - значение принимаемой мощности в свободном пространстве, мВт;
 L_n - величина потерь в дБ, определяемая по формуле

$$L_n = A_m(r, f) - H_1(h_1, r) - H_2(h_2, f) - K_1 - K_2 - K_3 - K_4, \text{ дБ}, \quad (\text{П.2.2})$$

где $A_m(r, f)$ - ослабление в городе относительно свободного пространства в дБ, определяемое из графика на рис.П.2.1;

$H_1(h_1, r)$ - «высотный коэффициент усиления» передающей антенны в дБ, определяемый из графика на рис.П.2.2;

$H_2(h_2, f)$ - «высотный коэффициент усиления» приемной антенны в дБ, определяемый из графика на рис.П.2.3;

K_1 - поправочный коэффициент для пригородных и открытых площадей в дБ, определяемый из графиков на рис.П.2.4;

K_2, K_3, K_4 - поправочные коэффициенты в дБ соответственно для холмистой местности, для учета наклона местности и преград типа "суша-море-суша", определяемые из графиков на рис.П.2.5...П.2.8.

На рис.П.2.1 представлены зависимости, полученные Окамурой, на основе которых можно предсказать медианные значения ослабления сигнала относительно ослабления в свободном пространстве для квазигладкого городского района. Эти зависимости могут служить в качестве отправных при оценке ослабления сигнала. Здесь же предполагается, что высота подвеса антенны центральной станции $h_1=200$ м, а высота подвеса антенны подвижного объекта $h_2=3$ м.

На рис.П.2.2 и П.2.3 представлено семейство кривых, позволяющих оценить изменение мощности принимаемого сигнала от "высотного коэффициента усиления" при изменении высот подвеса антенн базовой и мобильной станций. Рассчитанные теоретические зависимости медианного значения мощности принимаемого сигнала нормированы к принимаемой мощности при высоте подвеса антенн $h_1 = 200$ м и $h_2 = 3$ м. Они могут использоваться для частот в диапазоне от 200 МГц до 2000 МГц.

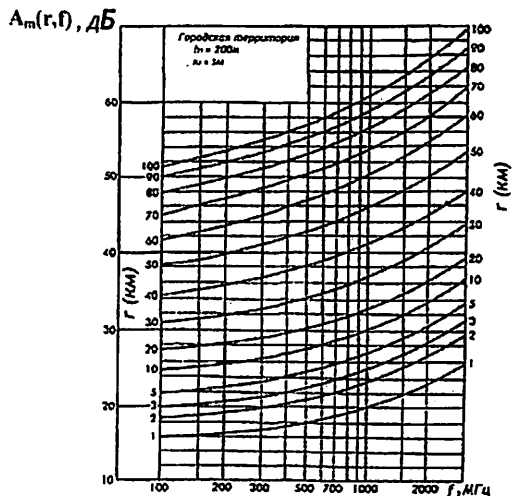


Рис.П.2.1. Зависимость ослабления в городе относительно свободного пространства $A_m(r, f)$ от расстояния и частоты

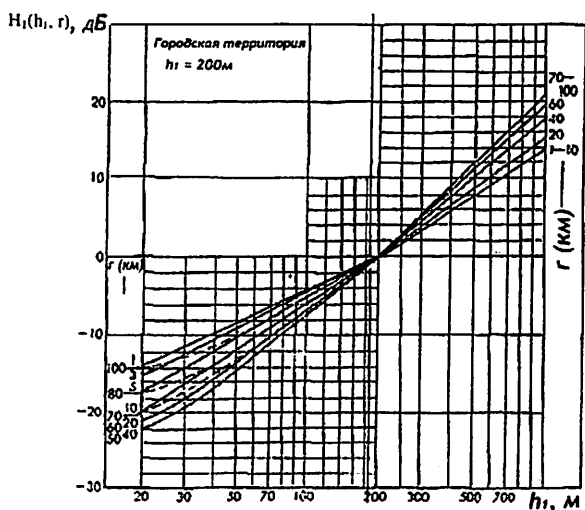


Рис.П.2.2. Зависимость «высотного коэффициента усиления» $N_1(h_1, r)$ передающей антенны от ее высоты подвеса и расстояния

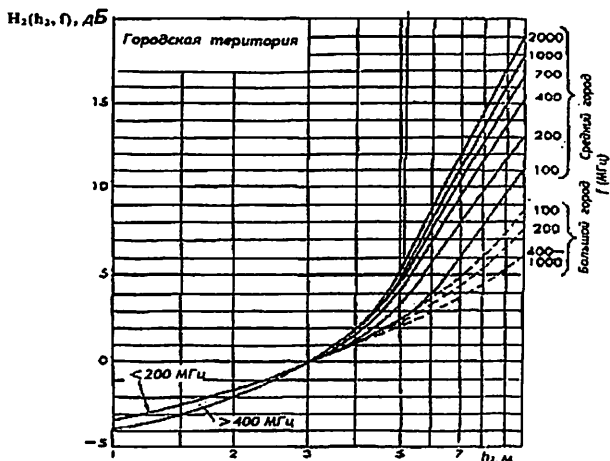


Рис.П.2.3. Зависимость «высотного коэффициента усиления» приемной антенны $H_2(h_2, f)$ от ее высоты подвеса и частоты

Распространение радиоволн в пригороде в некоторой степени зависит от частоты сигнала и немного улучшается при ее повышении. Зависимость поправочного коэффициента для пригородной зоны от частоты в диапазоне 100 МГц...3000 МГц представлена нижней кривой на рис.П.2.4

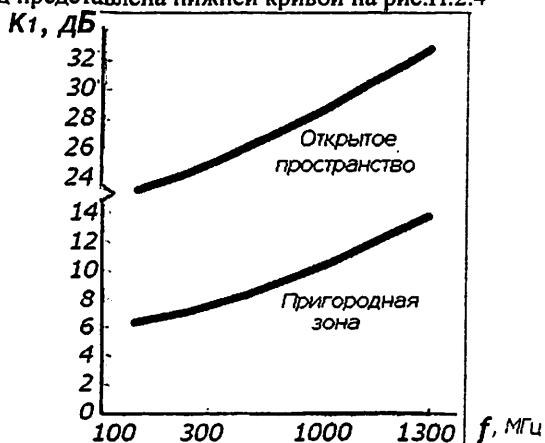


Рис.П.2.4. Зависимость поправочного коэффициента для пригородных и открытых площадей K_1 от частоты

На открытых местностях, встречающихся довольно редко, условия для распространения радиоволн значительно лучше, чем в пригородных зонах и городах, что приводит обычно к увеличению мощности принимаемого сигнала на 20 дБ при тех же высотах подвеса антенны и расстояниях между антеннами. Верхняя кривая на рис.П.2.4 представляет собой поправку в дБ, которую можно непосредственно прибавлять к значениям уровня поля, рассчитанного для города. Для сельских местностей или малоэтажных территориях кривые медианных значений мощности сигнала лежат между двумя указанными кривыми.

Для расчета поправок на холмистость местности необходимо знать диапазоны изменения выступов Δh . Приближенные расчетные зависимости для холмистой местности, представленные на рис.П.2.5, позволяют найти поправочные коэффициенты для основных зависимостей медианного ослабления для квазигладкой городской зоны. Для более точного предсказания величины ослабления следует, вероятно, учитывать ее зависимость от частоты сигнала и расстояния между антеннами. При этом если известно, что подвижный объект находится вблизи вершины холма, то поправочный коэффициент на рис.П.2.5 можно не учитывать. С другой стороны, если объект находится вблизи основания холма, то ослабление возрастает, что иллюстрируется нижней кривой на рис.П.2.5.

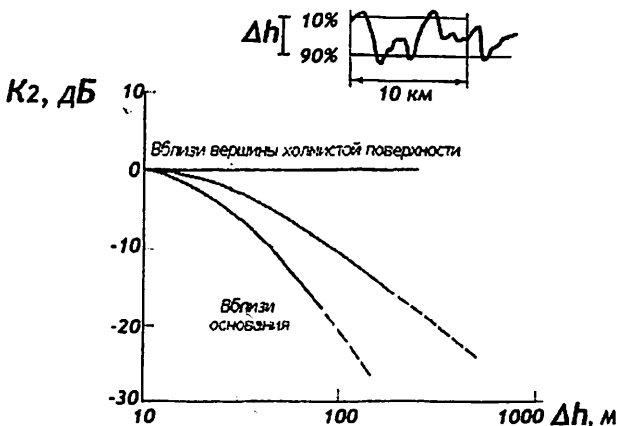


Рис.П.2.5. Зависимость поправочного коэффициента на холмистость местности K_2 от величины Δh

В случае, когда средняя высота земной поверхности плавно изменяется на расстоянии порядка 5 км, может быть использован поправочный коэффициент наклон земной поверхности (гористость местности). Средний угол наклона Θ_m в миллирадианах определяется как показано на рис.П.2.6. Зависимость поправочного коэффициента наклон местности K_3 от среднего угла наклона Θ_m при разных расстояниях r между антеннами представлены на рис.П.2.7. Обычно, если на пути распространения радиоволн встречаются обширные водные пространства между передающей и приемной антеннами, мощность принимаемого сигнала выше, чем в случае распространения только над сушей. Изменение мощности сигнала зависит от расстояния между антеннами и от того, находится ли вода ближе к приемнику на подвижном объекте, или к передатчику центральной станции, или лежит где-то посередине между ними. Величина β определяется как отношение части пути, проходимого радиосигналом над водой, ко всему пути между антеннами. Поправочный коэффициент K_3 для преград типа "суша-море-суша" можно определить по кривым рис.П.2.8. Экспериментально определено, что если последний участок пути радиосигнала проходит над водой, то мощность сигнала обычно выше на 3 дБ, чем в случае, когда последняя часть этого пути проходит над сушей.

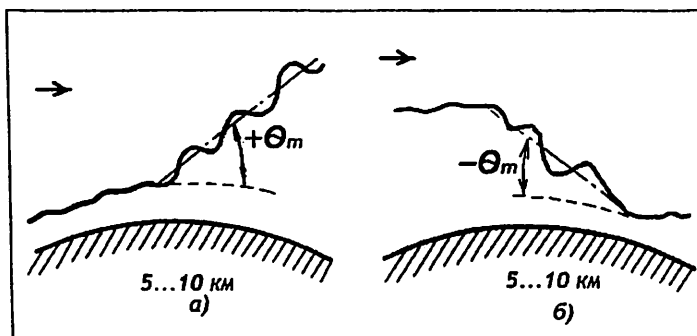


Рис.П.2.6. К определению угла наклона местности Θ_m

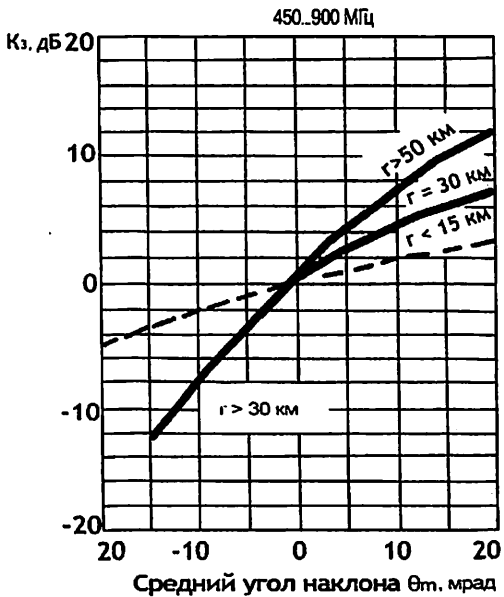


Рис.П.2.7. Зависимость поправочного коэффициента на наклон местности K_3 от угла наклона местности и расстояния

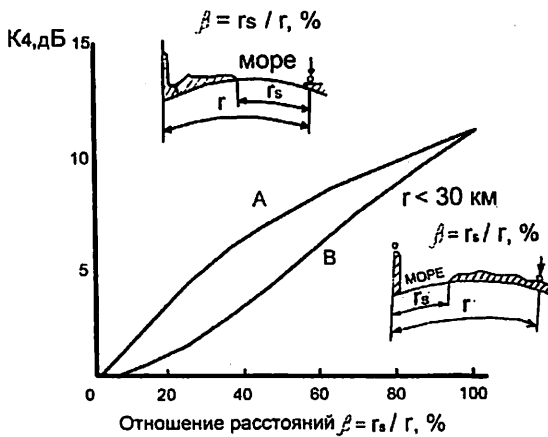


Рис.П.2.8. Зависимость поправочного коэффициента на преграды типа "суша-море-суша" K_4 от величины β

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Характеристики антенн БС сотовой связи, используемых в Республике Узбекистан

Электрические параметры антенны базовой станции сотовой связи	Антенна А1 DV-450-490-65-15i-6F	Антенна А2 DV-450-490-65-15i-0F
Диапазон частот	450...490 МГц	450...490 МГц
Поляризация	вертикальная	вертикальная
Коэффициент усиления	15,0 дБ	15,0 дБ
Ширина главного лепестка в горизонтальной плоскости на уровне -3 дБ	65°	65°
Ширина главного лепестка в вертикальной плоскости на уровне -3 дБ	16°	16°
Угол наклона главного лепестка	6°	0°
Коэффициент защитного действия	> 25 дБ	> 25 дБ

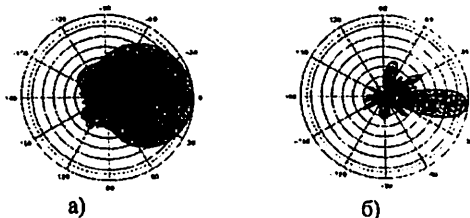


Рис.П.3.1.ДН антенны «DV-450-490-65-15i-6F» (а – в горизонтальной плоскости, б – в вертикальной плоскости)

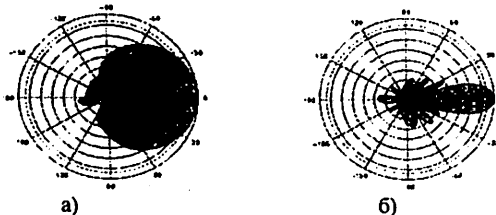


Рис.П.3.2.ДН антенны «DV-450-490-65-15i-0F» (а – в горизонтальной плоскости, б – в вертикальной плоскости)

Электрические параметры антенны базовой станции сотовой связи	Антенна А3 OV-470-490-360-9i-0	Антенна А4 OV-450-470-360-9i-0
Диапазон частот	470...490 МГц	450...470 МГц
Поляризация	вертикальная	вертикальная
Коэффициент усиления	9,0 дБ	9,0 дБ
Ширина главного лепестка в горизонтальной плоскости на уровне -3 дБ	360°	360°
Ширина главного лепестка в вертикальной плоскости на уровне -3 дБ	11°	11°
Угол наклона главного лепестка	0°	0°
Неравномерность диаграммы направленности в горизонтальной плоскости	± 1 дБ	± 1 дБ

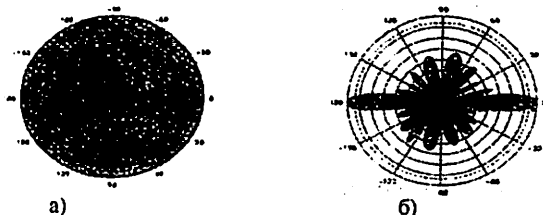


Рис.П.3.3. ДН антенны «OV-470-490-360-9i-0» (а – в горизонтальной плоскости, б – в вертикальной плоскости)

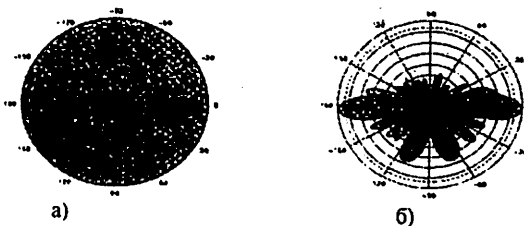


Рис.П.3.4. ДН антенны «OV-450-470-360-9i-0» (а – в горизонтальной плоскости, б – в вертикальной плоскости)

Электрические параметры антенны базовой станции сотовой связи	Антенна А5 DX-450-470-65-15i-0	Антенна А6 DV-450-470-65-15i-0
Диапазон частот	450...470 МГц	450...470 МГц
Поляризация	$\pm 45^\circ$	вертикальная
Коэффициент усиления	15,0 дБ	15,0 дБ
Ширина главного лепестка в горизонтальной плоскости на уровне -3 дБ	65°	65°
Ширина главного лепестка в вертикальной плоскости на уровне -3 дБ	16°	16°
Угол наклона главного лепестка	0°	0°
Коэффициент защитного действия	> 25 дБ	> 25 дБ

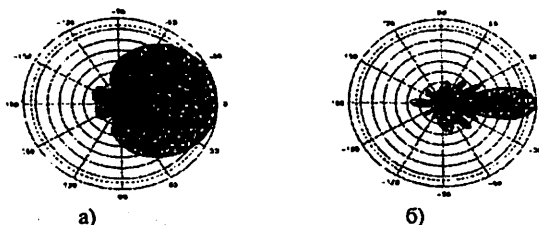


Рис.П.3.5.ДН антенны «DX-450-470-65-15i-0» (а – в горизонтальной плоскости, б – в вертикальной плоскости)

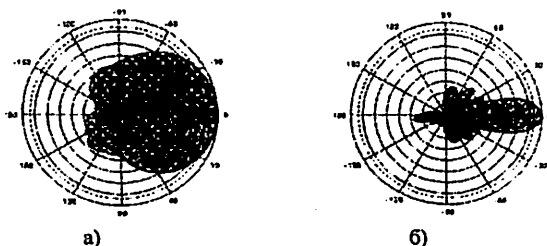
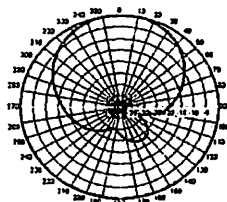
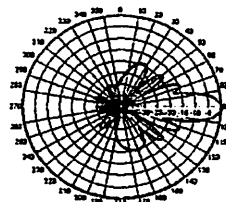


Рис.П.3.6.ДН антенны «DV-450-470-65-15i-0» (а – в горизонтальной плоскости, б – в вертикальной плоскости)

Электрические параметры	Антенна А7 CTSDG-06513- 0DM	Антенна А8 CTSDG-06513- 0DM
Частота	806...896 МГц	870...960 МГц
Поляризация	$\pm 45^\circ$	$\pm 45^\circ$
Коэффициент усиления	14,7 дБ	14,9 дБ
Ширина главного лепестка в горизонтальной плоскости на уровне -3 дБ	65°	65°
Ширина главного лепестка в вертикальной плоскости на уровне -3 дБ	15°	14°
Направление излучения	0°	0°
Коэффициент защитного действия	25 дБ	25 дБ

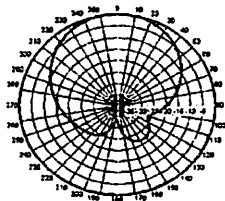


а)

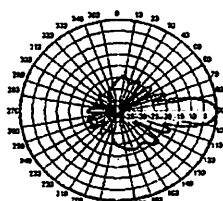


б)

Рис.П.3.7.ДН антенны «CTSDG-06513-0DM» для 806...896 МГц
(а – в горизонтальной плоскости, б – в вертикальной плоскости)



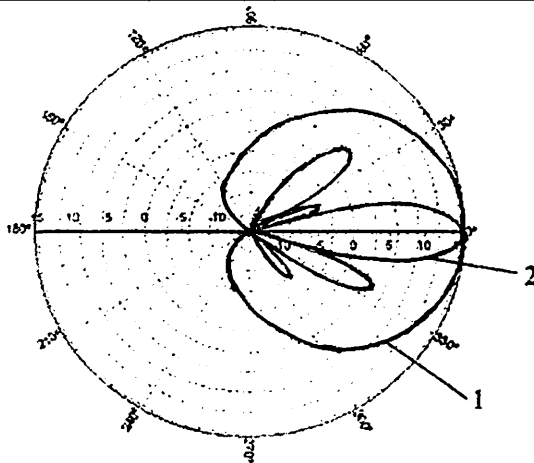
а)



б)

Рис.П.3.8.ДН антенны «DV-450-470-65-15i-0» для 870...960 МГц
(а – в горизонтальной плоскости, б – в вертикальной плоскости)

Антенна	Антенна А9
Номер типа	7226.04
Частотный диапазон	870...960 МГц
Поляризация	вертикальная
Коэффициент усиления (относительно изотропного излучателя)	15,5 дБ
Ширина главного лепестка по половинной мощности	В горизонтальной плоскости: 65° В вертикальной плоскости: 14°
Коэффициент защитного действия по мощности	>23 дБ



ДН в горизонтальной (1) и вертикальной (2) плоскостях

Антенна	Антенна А10	
Номер типа	739 623	
Частотный диапазон	806...960 МГц	
	806...894 МГц	880...960 МГц
Поляризация	+45°, -45°	+45°, -45°
Коэффициент усиления (относительно изотропного излучателя)	2x16,5 дБ	2x17 дБ
Ширина главного лепестка по половинной мощности, +45°/-45°	в горизонтальной плоскости: 68° в вертикальной плоскости: 10°	в горизонтальной плоскости: 65° в вертикальной плоскости: 9,5°
Коэффициент защитного действия по мощности	>30 дБ	>30 дБ
	 <p>ДН в горизонтальной плоскости</p>	 <p>ДН в вертикальной плоскости</p>

Справочный материал для выполнения задания 4

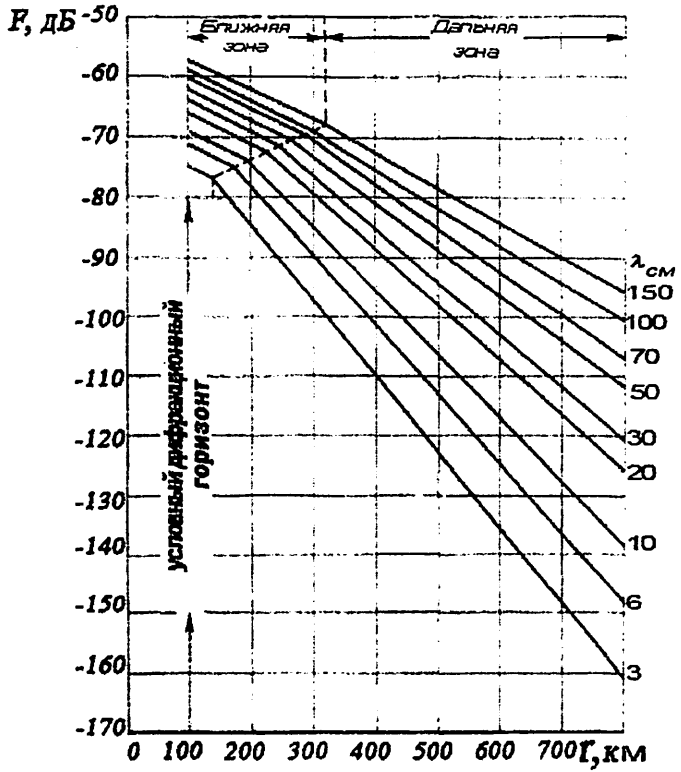


Рис.П.4.1. Зависимость медианных значений множителя ослабления от расстояния и длины волны

Рекомендуемый порядок выполнения задания

1. Рассчитать размеры облучателя (см. рис.5.1), его характеристики направленности в плоскостях E и H с шагом 5° или 10° в интервале углов $0^\circ \dots 90^\circ$. По результатам расчётов построить диаграммы направленности облучателя в прямоугольной системе координат и на уровне $0,316$ (-10 дБ) определить оптимальный угол раскрыва зеркала ψ_{opt} (см. пример на рис.П.5.2).
2. Определить коэффициент усиления G_1 передающей параболической антенны, рассчитать её геометрические размеры, профиль зеркала и допуски отклонений, а также коаксиально-волноводный переход.
3. Рассчитать характеристики направленности антенны в плоскостях E и H . Построить диаграммы направленности антенны и по ним определить ширину главного лепестка по уровням нулевого излучения и половинной мощности, уровни первого и второго боковых лепестков в плоскостях E и H .

Краткие сведения по облучателям параболических антенн

В качестве облучателя используются слабонаправленные антенны, обладающие однонаправленным излучением в сторону зеркала. Фазовый центр облучателя совмещается с фокусом зеркала. На рис.П.5.1 приведены эскизы предлагаемых к расчёту облучателей параболических антенн.

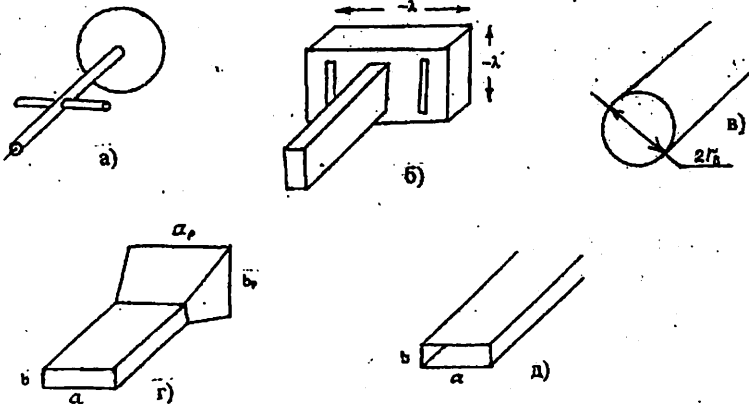


Рис.П.5.1. Эскизы облучателей (а - вибратор с плоским контррефлектором; б - двухщелевой облучатель; в - открытый конец круглого волновода; г - рупорный облучатель; д- открытый конец прямоугольного волновода)

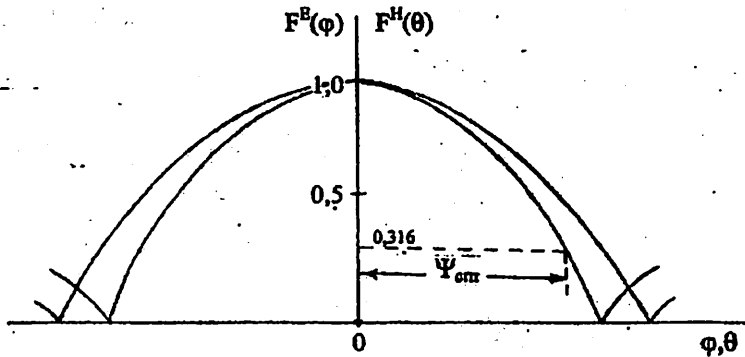


Рис.П.5.2. Пример определения оптимального угла раскрыва параболического зеркала по диаграммам направленности облучателя

Диаграмма направленности (ДН) параболической антенны определяется формой ДН облучателя и величиной отношения значений радиуса раскрыва параболического зеркала R_0 к фокусному расстоянию f_0 этого зеркала. Ниже приводятся формулы для расчёта размеров облучателей и их характеристик направленности.

Облучатель в виде вибратора с плоским контррефлектором

Контррефлектор представляет собой металлическую пластину диаметром $0,815\lambda$ (λ - длина волны), расположенную на расстоянии $d=\lambda/4$ от вибратора.

Характеристики направленности облучателя в плоскостях Е и Н рассчитываются по формулам:

$$F^E(\varphi) = [\cos(90^\circ \cdot \sin\varphi) / \cos\varphi] \cdot \cos[90^\circ \cdot (1 - \cos\varphi)], \quad (\text{П.5.1})$$

$$F^H(\theta) = \cos[90^\circ \cdot (1 - \cos\theta)]. \quad (\text{П.5.2})$$

Двухщелевой облучатель

Длина щелей облучателя выбирается порядка $0,47\lambda$, а расстояние между щелями d - порядка $\lambda/2$.

Характеристики направленности облучателя в плоскостях Е и Н рассчитываются по формулам:

$$F^E(\varphi) = \cos(90^\circ \cdot \sin\varphi), \quad (\text{П.5.3})$$

$$F^H(\theta) = \cos(90^\circ \cdot \sin\theta) / \cos\theta. \quad (\text{П.5.4})$$

Внутренние размеры широкой «а» и узкой «b» стенок прямоугольного волновода определяются с помощью [6]. В частности, для частоты 10 ГГц можно выбрать стандартный волновод R-100, у которого «а»=22,86 мм, «b»=10,16 мм.

Облучатель в виде открытого конца круглого волновода

Размер радиуса внутреннего сечения волновода r_b определяется с помощью [6]. В частности, для частоты 6 ГГц можно выбрать стандартный круглый волновод С-65, у которого $r_b = 19,05$ мм. Критическая длина волны круглого волновода определяется по формуле $\lambda_{кр} = 3,41r_b$.

Характеристики направленности облучателя в плоскостях **E** и **H** определяются по формулам:

$$F^E(\varphi) = \frac{1+Q\cos\varphi}{Q+1} \cdot \Lambda_1(U), \quad (\text{П.5.5})$$

$$F^H(\theta) = \frac{Q+\cos\theta}{Q+1} \cdot \frac{4\Lambda_1(U) - U^2\Lambda_2(U)}{4[1-(U/1,84)^2]}, \quad (\text{П.5.6})$$

где $\Lambda_1(U)$, $\Lambda_2(U)$ – лямбда – функции;

$Q = \sqrt{1 - (\lambda/\lambda_{кр})^2}$; $U = (2\pi r_b/\lambda)\sin\varphi$; $U = (2\pi r_b/\lambda)\sin\theta$.

Рупорный облучатель

В случае необходимости получения приблизительно одинаковой диаграммы направленности облучателя в плоскостях **E** и **H**, размеры раскрыва рупора выбирают $b_p = 0,717a_p$, где « a_p » - размер раскрыва рупора, образованный расширением широкой стенки волновода «а», а « b_p » - размер раскрыва рупора, образованный расширением узкой стенки волновода «b». Размеры «а» и «b» можно определить с помощью [6]. В частности, для частоты 4 ГГц можно выбрать стандартный волновод R-40, у которого «а» = 58,17 мм, «b» = 29,08 мм. Длина рупора в плоскости **H** R_H должна быть равна $1,5 R_E$, где R_E - длина рупора в плоскости **E**. Чтобы фазовые ошибки были в пределах норм, нужно соблюдать соотношения:

$$R_H = a_p^2/3\lambda; R_E = b_p^2/2\lambda; a_p = 1,02\lambda/\sin\psi_{0,1}^H, \quad (\text{П.5.7})$$

где $\psi_{0,1}$ – ширина ДН облучателя по уровню 0,1 по мощности. В расчётах можно выбрать $\psi_{0,1} = 50^\circ \dots 60^\circ$.

Характеристики направленности облучателя в плоскостях **E** и **H** рассчитываются по формулам:

$$F^E(\varphi) = \frac{1 + \cos\varphi}{2} \cdot \frac{\sin[(\pi b_p/\lambda)\sin\varphi]}{(\pi b_p/\lambda)\sin\varphi}, \quad (\text{П.5.8})$$

$$F^H(\theta) = \frac{1 + \cos\theta}{2} \cdot \frac{\cos[(\pi a_p/\lambda)\sin\theta]}{1 - [(2a_p/\lambda)\sin\theta]^2}. \quad (\text{П.5.9})$$

Облучатель в виде открытого конца прямоугольного волновода

Внутренние размеры широкой «а» и узкой «b» стенкой прямоугольного волновода определяются с помощью [6]. В частности, для частоты $f=7,5$ ГГц можно выбрать стандартный волновод R – 70, у которого «а» = 34,85 мм; «b»=15,8 мм. Критическая длина волны прямоугольного волновода определяется по формуле $\lambda_{кр} = 2a$.

Характеристики направленности облучателя в плоскостях E и H определяются по формулам:

$$F^E(\varphi) = \frac{1 + Q\cos\varphi}{1 + Q} \cdot \frac{\sin[(\pi b/\lambda)\sin\varphi]}{(\pi b/\lambda)\sin\varphi}, \quad (\text{П.5.10})$$

$$F^H(\theta) = \frac{Q + \cos\theta}{Q + 1} \cdot \frac{\cos[(\pi a/\lambda)\sin\theta]}{1 - [(2a/\lambda)\sin\theta]^2}, \quad (\text{П.5.11})$$

где $Q = \sqrt{1 - (\lambda/\lambda_{кр})^2}$.

Расчёт размеров параболической антенны

Коэффициент усиления параболической антенны можно определить из выражения

$$G_1 = 20 \lg(4\pi r/\lambda) + P_{2[\text{дБ}]} - 10 \lg P_1 - G_{2[\text{дБ}]}, \text{ дБ}. \quad (\text{П.5.12})$$

Полученное значение необходимо пересчитать из дБ в «разы» по формуле $G = 10^{G_{\text{дБ}}/10}$.

Радиус раскрыва параболического зеркала определяется из соотношения

$$R_0 = \sqrt{[1/(\pi\nu)] \cdot [G_1 \lambda^2 / (4\pi) + S_{\text{зат}}]}, \quad (\text{П.5.13})$$

где ν - коэффициент использования поверхности раскрыва зеркала (в расчётах можно принять $\nu=0,4 \dots 0,5$);

$S_{\text{зат}}$ - площадь облучателя, затеняющего раскрыв зеркала.

Фокусное расстояние f_0 параболического зеркала определяется по формуле

$$f_0 = (R_0/2) \text{ctg}(\psi_{\text{отт}}/2). \quad (\text{П.5.14})$$

Полученную величину необходимо подкорректировать так, чтобы выполнялось равенство $f_0 = n \cdot \lambda / 4$, где $n = 1, 2, 3, \dots$

Для расчёта профиля параболического зеркала используется формула $y = \sqrt{4f_0 Z_0}$

Приращение по Z_0 даётся до тех пор, пока величина «у» не станет равной R_0 .

Далее рассчитываются допуски на точность изготовления параболической антенны:

а) на отклонение формы поверхности зеркала от заданной $\delta < \lambda / 30$; (П.5.15)

б) на смещение облучателя из фокуса в осевом направлении $\delta_f = \lambda / [4(1 - \cos \psi_{\text{от}})]$; (П.5.16)

в) на смещение облучателя из фокуса в боковом направлении $\delta_f < f_0 \sin \alpha_m$, где $\alpha_m = [\lambda / (4R_0)](4f_0^2 / R_0^2 - 1)$. (П.5.17)

Расчёт характеристик направленности параболической антенны

Для расчёта характеристик направленности параболической антенны необходимо предварительно рассчитать и построить приближенные амплитудные распределения в раскрыве зеркала в плоскостях E и H с помощью формул:

$$E_S^E / E_0 = [(1 + \cos \varphi) / 2] \cdot F^E(\varphi), \quad (\text{П.5.18a})$$

$$E_S^H / E_0 = [(1 + \cos \theta) / 2] \cdot F^H(\theta). \quad (\text{П.5.18б})$$

Приближенное амплитудное распределение поля можно рассматривать как функцию относительного переменного радиуса раскрыва $t = \rho / R_0$, где ρ - расстояние до определённой точки раскрыва. Каждому значению угла θ диаграммы направленности соответствует своё значение t , связанное с геометрическими размерами зеркала соотношением

$$t = (2f_0 / R_0) [\sin \theta / (1 + \cos \theta)] \quad (\text{П.5.19})$$

Выражение для нормированной величины t имеет вид

$$t_H = \sin \theta (1 + \cos \psi_{\text{от}}) / [(1 + \cos \theta) \sin \psi_{\text{от}}]. \quad (\text{П.5.19a})$$

Результаты расчёта E_S^E / E_0 , E_S^H / E_0 и t_H занести в таблицу типа П.5.3

Результаты расчёта амплитудных распределений

Θ^0, φ^0	E_S^E/E_0	E_S^H/E_0	t_H
0			
10			
20			
...			
$\Psi_{\text{опт}}$			

По результатам расчёта построить амплитудные распределения в раскрыве зеркала и определить величины «пъедесталов» Δ (см. пример на рис.П.5.3)

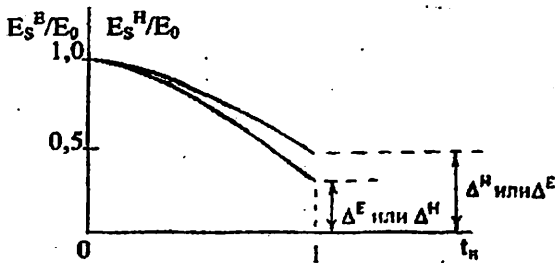


Рис.П.5.3 Пример амплитудных распределений

Характеристики направленности параболической антенны в плоскостях **E** и **H** можно рассчитать по формулам:

$$f^E(\alpha) = \Delta^E \cdot \Lambda_1(U) + [(1 - \Delta^E)/4] \cdot \Lambda_2(U), \quad (\text{П.5.20})$$

$$f^H(\alpha) = \Delta^H \cdot \Lambda_1(U) + [(1 - \Delta^H)/4] \cdot \Lambda_2(U), \quad (\text{П.5.21})$$

где $U = (2\pi R_0/\lambda) \sin \alpha$.

Расчёт значений $f^E(\alpha)$ и $f^H(\alpha)$ проводят через каждые 2^0 до тех пор, пока не будет рассчитан главный лепесток и два боковых лепестка.

Значения лямбда-функций можно определить из графиков на рис.П.5.4.

Значения $f^E(\alpha)$ и $f^H(\alpha)$ следует отнормировать, т.е. $F^E(\alpha) = f^E(\alpha)/f_{\text{max}}^E(\alpha)$ и $F^H(\alpha) = f^H(\alpha)/f_{\text{max}}^H(\alpha)$. Результаты расчёта свести в таблицу. Построить диаграммы направленности антенны в прямоугольной системе координат.

С разрешения преподавателя, допускается производить расчёт характеристики направленности по приближенной формуле.

Расчёт коаксиально-волноводного перехода

Для всех типов облучателей, кроме вибратора с плоским контррефлектором, необходимо рассчитать коаксиально-волноводный переход (КВП), состоящий из отрезка волновода и возбуждающего штыря, соединённого с центральной жилой коаксиального кабеля. Возбуждающий штырь устанавливается на расстоянии $l_2 = \lambda_B/4$ от короткозамкнутого конца волновода. Длина волны в волноводе λ_B определяется по формуле $\lambda_B = \lambda/Q$.

В случае использования прямоугольного волновода и расположения штыря посередине широкой стенки волновода высоту штыря l_1 можно рассчитать по формуле

$$l_1 = \lambda(2\pi)^{-1} \cdot \arccos[1 - 0,229 \cdot \sqrt{W_\phi \cdot a \cdot b / (\lambda \cdot \lambda_B)}], \quad (\text{П.5.22})$$

где W_ϕ - волновое сопротивление питающего коаксиального кабеля (50 Ом), a и b - внутренние размеры соответственно широкой и узкой стенок прямоугольного волновода.

В случае круглого волновода высоту штыря l_1 можно определить по формуле

$$l_1 = \lambda(2\pi)^{-1} \cdot \arccos[1 - 0,203 r_B \cdot \sqrt{W_\phi / (\lambda \cdot \lambda_B)}]. \quad (\text{П.5.23})$$

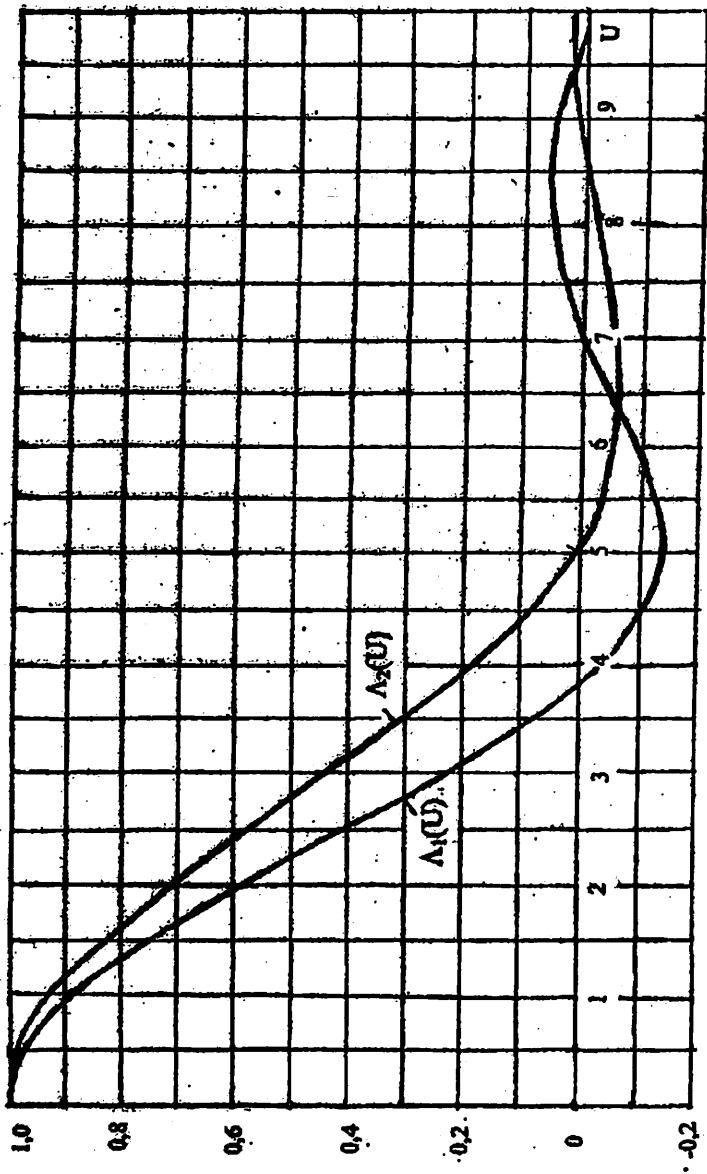


Рис. 1.4. Графики для определения значения $\Lambda_1(U)$, $\Lambda_2(U)$

П.6.1. Расчетные значения излучаемой мощности P_2 радиосредств, размещенных на антенной башне ТашРТЦ

Наименование системы	Кол-во	№ ТВ кан.	P_1 видео кВт	P_1 звук кВт	h_1 м	$\alpha = \alpha_1, \gamma$ дБ	G дБ	P_2 дБ кВт	P_2 кВт
Телевидение	1	3	25	2,5	291	1,25	10	18,75	74,9
Телевидение	1	5	25	2,5	291	1,25	10	18,75	74,9
Телевидение	1	9	25	2,5	307	1,32	10	18,68	73,7
Телевидение	1	11	5	0,5	321	1,38	11,3	12,33	19,6
Телевидение	1	30	5	0,5	346	1,49	14,8	16,31	42,8
Телевидение	1	40	20	0,2	346	1,49	14,8	22,34	171,5
«Камалак-ТВ»	20	Спец.	0,05	-	215	-	17,8	-5,74	0,27
«Алтай-3М»	40	-	0,05	-	170	0,5	9,6	3,91	0,41
УКВ-ЧМ	4	-	-	4	264	1,14	10	9,65	30,79
УКВ-ЧМ	4	-	-	1	204	0,5	7,8	9,06	8,05
Служебная связь	1	-	-	0,05	210	0,5	5	-8,51	0,14

П.6.2. Диаграммы направленности передающих антенн

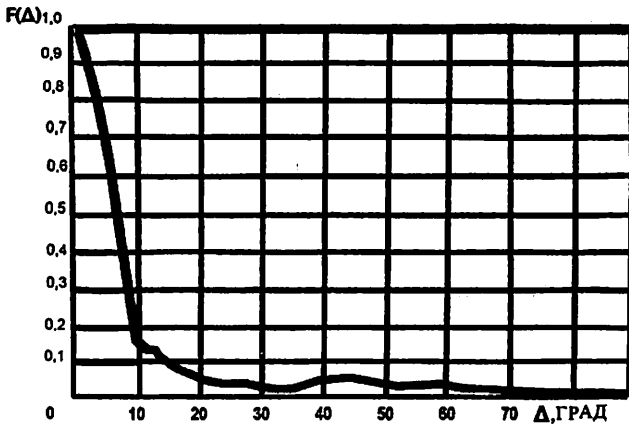


Рис.П.6.1. Паспортная диаграмма направленности в вертикальной плоскости антенны IV телевизионного диапазона

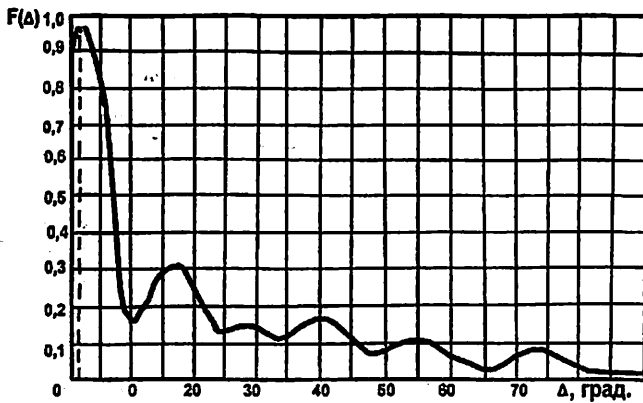


Рис.П.6.2. Паспортная диаграмма направленности в вертикальной плоскости антенны АУР-I-4000-68 I и II телевизионных диапазонов

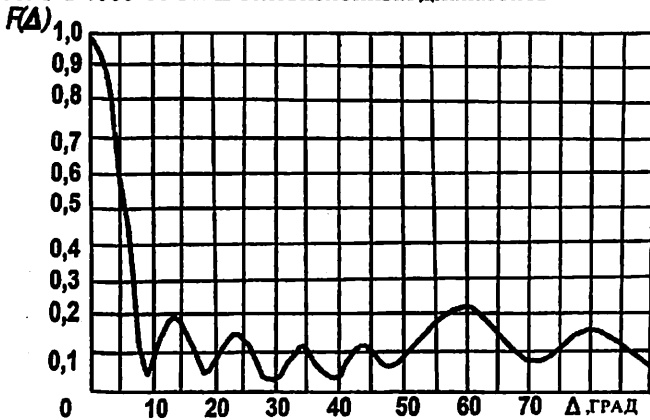


Рис.П.6.4. Паспортная диаграмма направленности в вертикальной плоскости антенны УКВ-ЧМ вещания

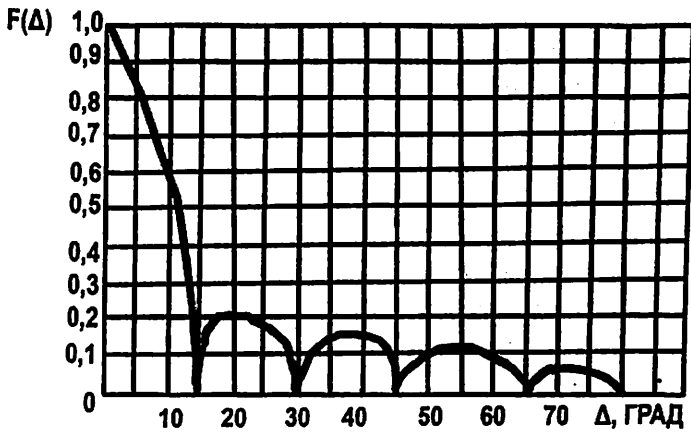


Рис.П.6.4. Паспортная диаграмма направленности в вертикальной плоскости антенны «Камалак – ТВ»

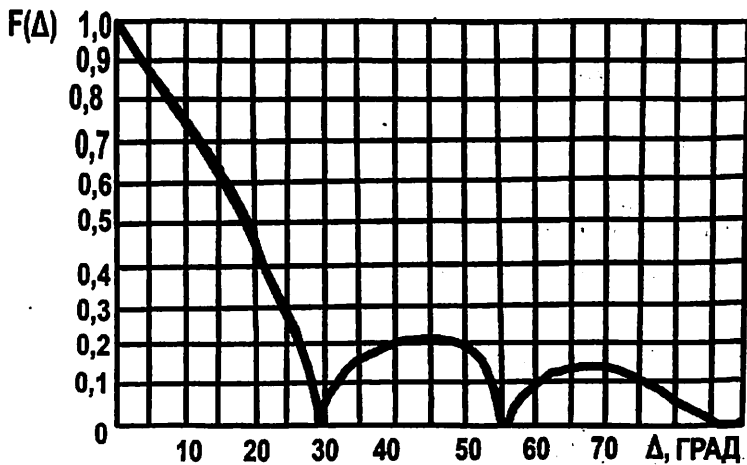


Рис.П.6.5. ДН антенны УКВ - ЧМ вещания в вертикальной плоскости

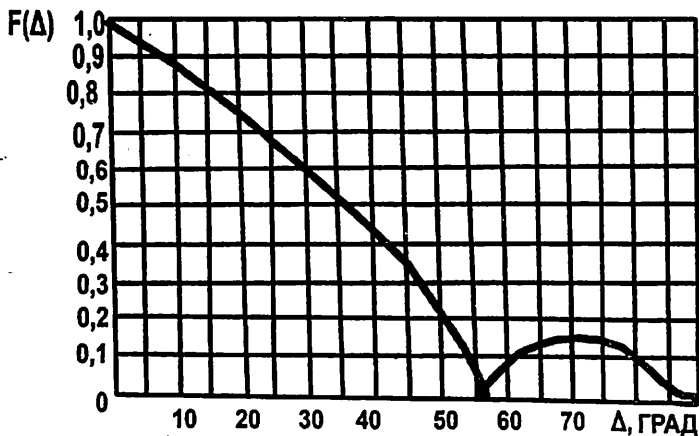


Рис.П.6.6.ДН антенн “служебной радиосвязи” в вертикальной плоскости

П.6.3. Методика определения экологически - безопасных мест размещения базовых станций

Экологически - безопасное размещение антенн базовых станций подразумевает, что население не попадет в так называемые санитарно - защитную зону (СЗЗ) и зону ограничения (ЗО) радиотехнических объектов (РТО).

Методика определения границ санитарно - защитной зоны и зоны ограничения радиотехнических объектов

Согласно действующим санитарным нормам и правилам СЗЗ является площадь, примыкающая к технической территории РТО. Внешняя граница СЗЗ определяется на высоте до 2 м от поверхности земли по предельно допустимому уровню (ПДУ) ЭМП.

ЗО является территория, где на высоте более 2 м от поверхности земли превышаются значения ПДУ. Внешняя граница зоны ограничения определяется по высоте застройки на которой ПДУ электромагнитного поля не превышает значений действующих нормативов.

СЗЗ и ЗО для РТО устанавливаются конкретно в каждом отдельном случае, размеры их зависят от действующих нормативов, суммарной мощности РТО, типа и высоты подвеса передающей антенны, рельефа местности и других характеристик.

Построение СЗЗ и ЗОЗ базируется на расчете распределения уровней ЭМП по дальности и высоте.

По нижеприведенной методике расчета уровней ЭМП производится расчет уровней ЭМП в зависимости от горизонтальной дальности r для нескольких значений высот расчетной точки. При этом необходимо выбрать несколько значений высот, одно из которых должно быть равно 2 м. Если высота расчетной точки отсчитывается от уровня горизонта, проведенного через основание опоры, то рекомендуется в зависимости от рельефа местности одно - два значения высоты взять со знаком минус, т.е. ниже горизонта.

Использование двух различно нормируемых диапазонов частот обуславливает особенности расчета и построения СЗЗ и ЗО. Эта особенность заключается в том, что границы этих зон определяются по сумме отношений коэффициента $S_{отн}$, приравненного к единице

$$S_{отн} = \left(\frac{E_{рез}}{E_{нду}} \right)^2 + \frac{ППЭ_{рез}}{ППЭ_{нду}} = 1, \quad (П.6.1)$$

где $E_{нду}$ - предельно - допустимое значение напряженности поля (для населения

3 В/м);

$ППЭ_{нду}$ - предельно - допустимое значение плотности потока энергии (для населения 1 мкВт/см^2);

$E_{рез}$ - результирующее значение напряженности электрического поля (от нескольких РТО в метровом диапазоне волн)

$$E_{рез} = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + \dots + E_n^2}; \quad (\text{П.6.2})$$

$ППЭ_{рез}$ - результирующее значение плотности потока энергии (от нескольких РТО в дециметровом диапазоне волн)

$$ППЭ_{рез} = ППЭ_1 + ППЭ_2 + \dots + ППЭ_n. \quad (\text{П.6.3})$$

По расчетным данным для каждого значения выбранных высот строятся зависимости $S_{отн}$ (см. пример на рис.П.6.7).

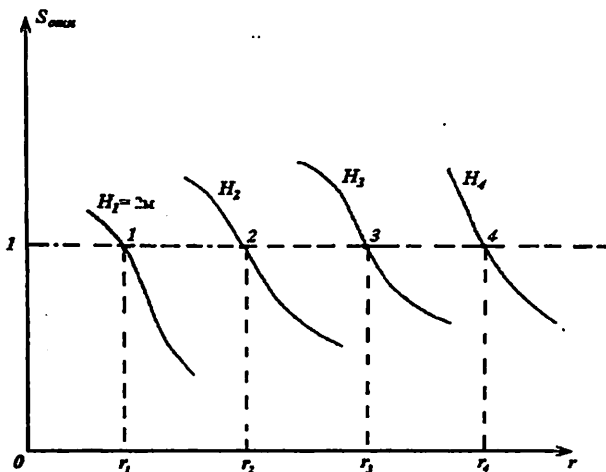


Рис. П.6.7. К определению кривой постоянного уровня $S_{отн} = 1$ в зависимости от высоты застройки

На графиках (рис.П.6.7) проводится прямая, параллельная оси абсцисс через точку $S_{отн} = 1$. Из точек пересечения этой прямой с кривыми графика (точки 1, 2, 3 и 4) опускаются перпендикуляры на ось дальностей и определяются

дальности r_1, r_2, r_3, r_4 , для соответствующих значений высот H_1, H_2, H_3, H_4 . По этим данным строится зависимость $H=f(r)$ (рис.П.6.8).

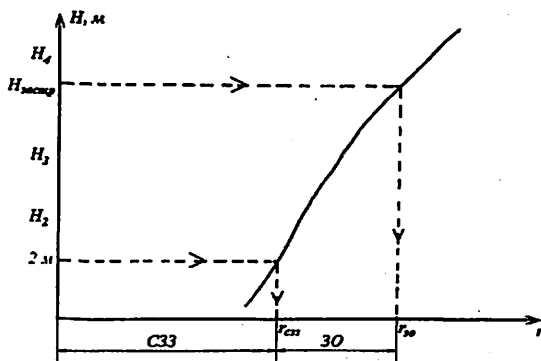


Рис.П.6.8.Определение удаления границы С33 и 30

На уровне высоты $H = 2 \text{ м}$ графика $H = f(r)$ (рис.П.6.8) определяется удаление границы С33. Затем по заданной высоте перспективной застройки $H_{застр}$ определяется удаление границы 30 (рис.П.6.9).

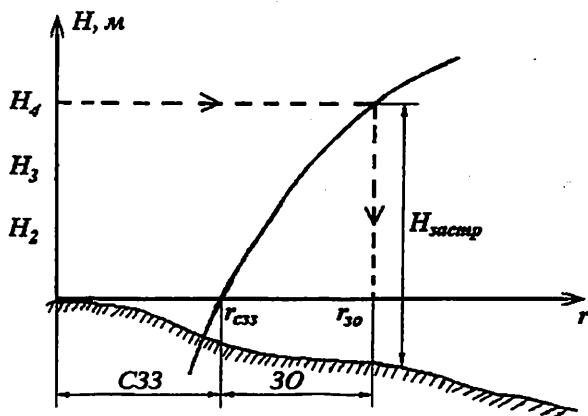


Рис.П.6.9.Определение удаления границ С33 и 30 по наложенному рельефу местности

Если уровни ЭМП рассчитаны без учета рельефа местности, т.е. высоты H_K отсчитывались от уровня горизонта, проведённого через основание опоры, методика определения $S_{отн}$ в зависимости $H = f(r)$ остается такой же. Однако определение удалений границ СЗЗ и ЗО производится следующим путем. На график $H = f(r)$, построенный без учета рельефа, достраивается профиль местности того направления, для которого проведен расчет уровней ЭМП. Определение удалений границ СЗЗ и ЗО производится относительно кривой, отображающей профиль местности (см. рис.П.6.9)

Определение границ СЗЗ и ЗО проводится в направлении максимальных излучений, а также в других направлениях с учетом диаграммы направленности антенны в горизонтальной плоскости. По расчетным данным вокруг РТО строятся границы СЗЗ и ЗО для заданной высоты застройки (см. рис.П.6.10).

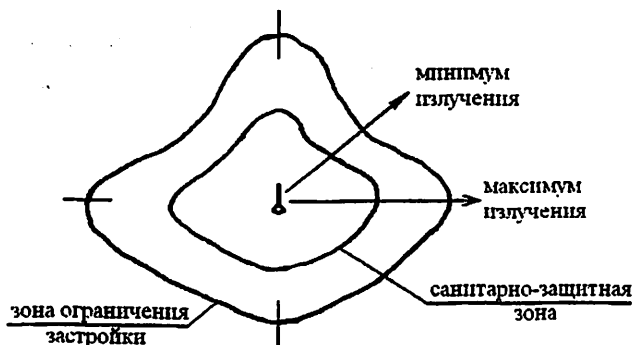


Рис.П.6.10. Санитарно-защитная зона и зона ограничения застройки

Методика расчёта уровней электромагнитного поля

Расчёт электрической составляющей электромагнитного поля (ЭМП) (напряженности электрического поля) для одного радиотехнического средства производится по формуле

$$E = \frac{\sqrt{30 \cdot P_1 \cdot G_1 \cdot \eta_{\text{АФТ}}}}{R} \cdot K_{\phi} \cdot K_{\Gamma} \cdot F(\varphi) \cdot F(\Delta), \text{ В/м}, \quad (\text{П.6.4})$$

где P_1 – мощность на входе антенно-фидерного тракта, Вт;

G_1 – коэффициент усиления антенны относительно изотропного излучателя;

$\eta_{\text{АФТ}} = 10^{\alpha}$ – коэффициент потерь в антенно-фидерном тракте
($\alpha = -\alpha_{\phi} \cdot l_{\phi}$);

R – расстояние от геометрического центра антенны до расчётной точки, (рис.П.6.11);

$F(\varphi)$ – значение нормированной диаграммы направленности антенны в горизонтальной плоскости (по напряжённости); φ – азимутальный угол;

$F(\Delta)$ – значение нормированной диаграммы направленности антенны в вертикальной плоскости (по напряжённости);

Δ – меридиональный угол, образованный направлением на расчетную точку и плоскостью горизонта, проведенной через геометрический центр антенны;

K_{ϕ} – множитель, учитывающий влияние земли ($K_{\phi} = 1,3 \dots 1,15$);

K_{Γ} – множитель, учитывающий неравномерность диаграммы направленности в горизонтальной плоскости ($K_{\Gamma} = 1,26 \dots 1,41$);

α_{ϕ} – погонное ослабление в фидере, дБ/м;

l_{ϕ} – длина фидера, м.

Характеристики фидеров приводятся в справочниках.

Нормированные диаграммы направленности входят в обязательный перечень данных санитарного паспорта радиотехнического объекта.

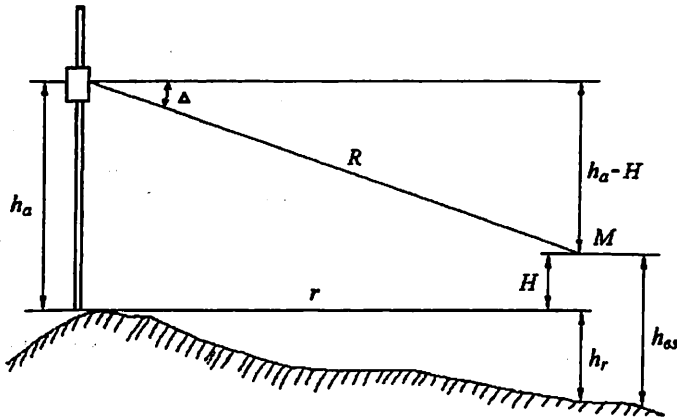


Рис.П.6.11.Схема пространственного положения расчетных точек

Распределение ЭМП рассчитывается в зависимости от горизонтальной дальности r для нескольких значений высоты возвышения расчетной точки M над уровнем земли h_{oz} (рис.П.6.11), одно из которых должно быть равным 2 м.

Из рис.П.5.11 следует, что при $h_r \neq 0$:

$$\left. \begin{aligned} r &= \sqrt{R^2 - (h_a - H)^2} = \sqrt{R^2 - (h_a + h_r - h_{oz})^2} = \frac{h_a + h_r - h_{oz}}{\operatorname{tg} \Delta} = R \cdot \cos \Delta, \\ R &= \sqrt{r^2 + (h_a - H)^2} = \sqrt{r^2 + (h_a + h_r - h_{oz})^2} = \frac{h_a + h_r - h_{oz}}{\sin \Delta} = \frac{r}{\cos \Delta}, \\ \sin \Delta &= \frac{h_a + h_r - h_{oz}}{R}, \end{aligned} \right\} \text{(П.6.5)}$$

а если при $h_r = 0$, то $h_{oz} = H$, тогда

$$\left. \begin{aligned} r &= \sqrt{R^2 - (h_a - h_{oz})^2} = \sqrt{R^2 - (h_a - H)^2} = \frac{h_a - H}{\operatorname{tg} \Delta} = R \cdot \cos \Delta, \\ R &= \sqrt{r^2 + (h_a - h_{oz})^2} = \sqrt{r^2 + (h_a - H)^2} = \frac{h_a - H}{\sin \Delta} = \frac{r}{\cos \Delta}, \\ \sin \Delta &= \frac{h_a - h_{oz}}{R} = \frac{h_a - H}{R}, \end{aligned} \right\} \text{(П.6.6)}$$

где h_a – высота центра излучения антенны.

В метровом диапазоне нормируется напряжённости электрического поля.

В дециметровом диапазоне нормируется плотность потока энергии (ППЭ), величина которой пересчитывается из напряжённости электрического поля по формуле

$$ППЭ = E^2 / 3,77, \text{ мкВт/см}^2. \quad (\text{П.6.7})$$

Подставляя в это выражение в формулу (П.6.4) получаем

$$ППЭ = \frac{30 \cdot P_1 \cdot G_1 \cdot \eta_{\text{АФТ}} \cdot K_{\Phi}^2 \cdot K_{\Gamma}^2 \cdot (F(\varphi) \cdot F(\Delta))^2}{R^2 \cdot 3,77}, \text{ мкВт/см}^2,$$

т.е. $ППЭ = \frac{8 \cdot P_1 \cdot G_1 \cdot \eta_{\text{АФТ}} \cdot K_{\Phi}^2 \cdot K_{\Gamma}^2 \cdot (F(\varphi) \cdot F(\Delta))^2}{R^2}, \text{ мкВт/см}^2, \quad (\text{П.6.8})$

Если в расчётах использованы данные нормированных диаграмм направленности по мощности $F_m(\varphi)$ и $F_m(\Delta)$, то

$$ППЭ = \frac{8 \cdot P_1 \cdot G_1 \cdot \eta_{\text{АФТ}} \cdot K_{\Phi}^2 \cdot K_{\Gamma}^2 \cdot F_m(\varphi) \cdot F_m(\Delta)}{R^2}, \text{ мкВт/см}^2. \quad (\text{П.6.9})$$

Методика определения углов ориентации антенны на ИСЗ

Ориентация луча антенны на геостационарный спутник производится по значениям углов вертикальной (угол места) и горизонтальной (азимутальный угол) плоскостях. Угол места β отсчитывается от касательной к поверхности Земли до линии, соединяющей пункт приема со спутником. Азимутальный угол φ отсчитывается от направления на Северный полюс по меридиану, до направления на спутник по часовой стрелке.

Формулы для определения приближенных значений угла места β и азимута φ имеют вид:

$$\beta = \arctg[(\cosh - 0,15105)/\sinh],$$

$$\varphi = \pi + \arctg[\tg(S - L)/\sin\Phi],$$

$$h = \arccos[\cos(S - L)\cos\Phi],$$

где S – долгота подспутниковой точки,

Φ – широта пункта приема (для г. Ташкента $\Phi = 41,3^\circ$ с.ш.),

L – долгота пункта приема (для г. Ташкента $L = 69,2^\circ$ в.д.),

h – вспомогательный параметр.

При расчете углов β и φ значения S и L необходимо брать со знаком «минус», если долготы пункта приема и подспутниковой точки отсчитаны от нулевого меридиана на восток (т.е. значения долгот указаны в градусах восточной долготы).

Ниже, в таблице, приведена справочная информация по ряду геостационарных спутников, необходимая для организации приема спутникового телевидения

Номер ИСЗ - S1. Экспресс А2 / КазСат 1 103° в.д.				
Канал	Частота, ГГц	Поляризация	Видео	Скорость потока (SR)
Казахстан Павлодар	10,97	вертикальная	MPEG-2	2975
Казахстан Актау	10,973	вертикальная	MPEG-2	2975
Казахстан Актобе	10,977	вертикальная	MPEG-2	2975
Казахстан Караганда	10,981	вертикальная	MPEG-2	2975
Казахстан Кустанай	10,985	вертикальная	MPEG-2	2975
Казахстан Кызылорда	10,988	вертикальная	MPEG-2	2975
Хабар ТВ	11,075	горизонтальная	MPEG-2	29270
Nurlan TV	11,512	вертикальная	MPEG-4	2963
Рахат ТВ	11,516	вертикальная	MPEG-4	2963
Astana	11,525	вертикальная	MPEG-2	T2863
Номер ИСЗ - S2. Ямал 201 90° в.д.				
Канал	Частота, ГГц	Поляризация	Видео	Скорость потока (SR)
CNL	3,605	левая круговая	MPEG-2	2626
ТВ-Университет	3,987	левая круговая	MPEG-2	2150
Номер ИСЗ - S3. Thaicom 2/5 78,5° в.д.				
Канал	Частота, ГГц	Поляризация	Видео	Скорость потока (SR)
Europe Media Port	3,431	горизонтальная	MPEG-2	13333
MRTV	3,574	горизонтальная	MPEG-2	7492
TVK (Cambodia)	3,664	горизонтальная	MPEG-2	3704
MRTV	3,671	горизонтальная	MPEG-2	7492
Channel Five	4,145	горизонтальная	MPEG-2	4615
KTN	4,165	горизонтальная	MPEG-2	3333
Номер ИСЗ - S4. Telstar 10 76,5° в.д.				
Канал	Частота, ГГц	Поляризация	Видео	Скорость потока (SR)
GMA Network	3,704	вертикальная	MPEG-2	6716
NDTV India	4,113	горизонтальная	MPEG-2	2892
Номер ИСЗ - S5. ABS 1 75° в.д.				
Канал	Частота, ГГц	Поляризация	Видео	Скорость потока (SR)
Deluxe Music	3,499	горизонтальная	MPEG-2	30000
Zam TV	3,57	горизонтальная	MPEG-2	2171
Manmin TV	3,659	горизонтальная	MPEG-2	27500
@ ASIX	3,659	горизонтальная	DATA	27500
Deluxe Music	3,679	горизонтальная	MPEG-2	30000
Tamadon TV	12,505	горизонтальная	MPEG-2	2500
Noor TV	12,509	горизонтальная	MPEG-2	2450
GTSS	12,518	вертикальная	MPEG-2	22000

GTSS	12,548	вертикальная	MPEG-2	22000
GTSS	12,579	вертикальная	MPEG-2	22000
ABS	12,579	горизонтальная	MPEG-2	22000
Fox Crime	12,61	вертикальная	MPEG-2	22000
GTSS	12,64	вертикальная	MPEG-2	22000
GTSS	12,67	вертикальная	MPEG-2	22000
Мир	12,693	вертикальная	MPEG-2	11000
HTC	12,704	вертикальная	MPEG-2	3900
TVI(Таджикистан)	12,74	вертикальная	MPEG-2	7247
Номер ИСЗ - S6. Intelsat 4 72° в.д.				
Канал	Частота, ГГц	Поляризация	Видео	Скорость потока (SR)
<u>Первый канал - Всмирная сеть</u>	12,666	вертикальная	MPEG-2	3330
RR Satellite Communications	12,673	горизонтальная	MPEG-2	4810
Sicilia Channel	12,675	вертикальная	MPEG-2	3255
Номер ИСЗ - S7. Eutelsat W5 70,5° в.д.				
Канал	Частота, ГГц	Поляризация	Видео	Скорость потока (SR)
RR Satellite Communications	11,305	вертикальная	MPEG-2	17362
NTD TV	11,334	вертикальная	MPEG-2	6511
<u>@ Horizon Satellite Services</u>	11,345	горизонтальная	DATA	24074
TVB	11,377	горизонтальная	MPEG-2	7441
Номер ИСЗ - S8. Intelsat 7/10 68,5° в.д.				
Канал	Частота, ГГц	Поляризация	Видео	Скорость потока (SR)
Ten Sports	3,716	горизонтальная	MPEG-2	20770
Aastha Channel	3,774	вертикальная	MPEG-2	2940
CGN TV	3,782	вертикальная	MPEG-2	2965
RR Satellite Communications	3,808	вертикальная	MPEG-2	10340
MultiChoice Africa	3,836	вертикальная	MPEG-2	20600
WAOT TV	4,003	вертикальная	MPEG-2	2965
<u>Hope Channel Intl</u>	4,07	вертикальная	MPEG-2	3003
Samaa TV	4,117	горизонтальная	MPEG-2	3333
Dawn News	4,126	горизонтальная	MPEG-2	3255
Rohi TV	4,143	горизонтальная	MPEG-2	3306
<u>Express News</u>	4,16	горизонтальная	MPEG-2	3617
Royal TV	4,165	горизонтальная	MPEG-2	3255

Номер ИСЗ - S9. Intelsat 906 64° в.д.				
Канал	Частота, ГГц	Поляризация	Видео	Скорость потока (SR)
IPP TanzaniaNet	3,642	правая круговая	MPEG-2	13330
Agape TV Network	3,778	правая круговая	MPEG-2	3000
TBC	3,891	левая круговая	MPEG-2	4445
Zee TV Africa	3,998	правая круговая	MPEG-2	27500
Номер ИСЗ - S10. Intelsat 902 62° в.д.				
Канал	Частота, ГГц	Поляризация	Видео	Скорость потока (SR)
Arqiva	4,177	левая круговая поляризация	MPEG-2	31532
Khozestan TV	10,961	вертикальная	MPEG-2	5300
Kermanshah TV	10,973	вертикальная	MPEG-2	8150
Mazandaran TV	10,98	вертикальная	MPEG-2	5300
Khorasan TV	10,993	вертикальная	MPEG-2	3600
Esfahan TV	11,088	вертикальная	MPEG-2	3600
Azərbaycan-ə Gharbi TV	11,093	вертикальная	MPEG-2	3600
VTV	11,104	горизонтальная	MPEG-2	3328
A1 Plus	11,108	горизонтальная	MPEG-2	2170
ESS	11,151	горизонтальная	MPEG-2	5787
Номер ИСЗ - S11. Intelsat 904 60° в.д.				
Канал	Частота, ГГц	Поляризация	Видео	Скорость потока (SR)
Katelco Plus	11,635	горизонтальная	MPEG-2	29270
Katelco Plus	11,675	горизонтальная	MPEG-2	29270
Номер ИСЗ - S12. NSS 703 57° в.д.				
Канал	Частота, ГГц	Поляризация	Видео	Скорость потока (SR)
ETV Ethiopia	3,91	левая круговая	MPEG-2	2894
Номер ИС1 - S13. Бонум 1 56° в.д.				
Канал	Частота, ГГц	Поляризация	Видео	Скорость потока (SR)
НТВ Плюс Восток	12,245	правая круговая поляризация	MPEG-2	27500
НТВ Плюс Восток	12,322	правая круговая	MPEG-2	27500
НТВ Плюс Восток	12,399	правая круговая	MPEG-2	27500
НТВ Плюс Восток	12,476	правая круговая	MPEG-2	27500
Номер ИСЗ - S14. Экспресс АМ 22 53° в.д.				
Канал	Частота, ГГц	Поляризация	Видео	Скорость потока (SR)
Noor TV	11,083	горизонтальная	MPEG-2	1466
Dejla TV	12,644	горизонтальная	MPEG-2	2170
Nilesat	12,664	вертикальная	MPEG-2	30000

Номер ИСЗ - S15.		Turksat 1C/2A 42° в.д.		
Канал	Частота, ГГц	Поляризация	Видео	Скорость потока (SR)
IVG	11,852	вертикальная	MPEG-2	4444
Expo channel TV	11,887	вертикальная	MPEG-2	3333
AKS	11,896	вертикальная	MPEG-2	2222
Fasil	12,136	горизонтальная	MPEG-2	3703
Turkey Package	12,54	горизонтальная	MPEG-2	3125
Kral TV	12,635	горизонтальная	MPEG-2	4800
Yeni Asir TV	12,638	вертикальная	MPEG-2	2400
D-Smart	12,652	горизонтальная	MPEG-2	22500
Kanal 67	12,672	горизонтальная	MPEG-2	2222
Dogus Grubu	12,717	вертикальная	MPEG-2	5925
Номер ИСЗ - S16.		Hellas Sat 2 39° в.д.		
Канал	Частота, ГГц	Поляризация	Видео	Скорость потока (SR)
Calabria Sat	11,14	вертикальная	MPEG-2	1425
Bulsatcom	12,559	горизонтальная	MPEG-2	20000
Luxe TV	12,717	горизонтальная	MPEG-4	7720
Номер ИСЗ - S17.		Eutelsat W4 / Eutelsat Sesat 36° в.д.		
Канал	Частота, ГГц	Поляризация	Видео	Скорость потока (SR)
RR Satellite Communications	12,516	вертикальная	MPEG-2	4340
TV Silesia	12,528	горизонтальная	MPEG-2	2238
Fox Crime	12,633	вертикальная	MPEG-2	5787
Fox TV	12,633	вертикальная	MPEG-2	5787
Номер ИСЗ - S18.		Badr C/3/4 - Eurobird 2 26° в.д.		
Канал	Частота, ГГц	Поляризация	Видео	Скорость потока (SR)
HD Visio Promo	11,958	горизонтальная	MPEG-4	27500
Melody Zen	11,958	горизонтальная	MPEG-4	27500
Номер ИСЗ - S19.		Astra 1D/3A 23,5° в.д.		
Канал	Частота, ГГц	Поляризация	Видео	Скорость потока (SR)
HD 1	10,758	вертикальная	MPEG-4	22000
Exqi	10,758	вертикальная	MPEG-4	22000
HD 1	10,842	вертикальная	MPEG-4	13333

Номер ИСЗ - S20. Astra 1E-1H/1KR/1L 19,2° в.д.				
Канал	Частота, ГГц	Поляризация	Видео	Скорость потока (SR)
ARD Digital	10,744	горизонтальная	MPEG-2	22000
TVP Package	10,773	горизонтальная	MPEG-2	22000
Canal + HD	11,436	вертикальная	MPEG-4	22000
TV Vlaanderen Digital	12,722	горизонтальная	MPEG-2	22000
Номер ИСЗ - S21. Eutelsat W2 16° в.д.				
Канал	Частота, ГГц	Поляризация	Видео	Скорость потока (SR)
DigiAlb	10,975	горизонтальная	MPEG-4	22500
National Geographic Channel	11,061	горизонтальная	MPEG-2	5722
Nat Geo Music	11,079	горизонтальная	MPEG-2	5210
DigiAlb	11,094	вертикальная	MPEG-4	22500
Armenia TV	12,642	вертикальная	MPEG-4	3418
Номер ИСЗ - S22. Hot Bird 2/6/7A/8 13° в.д.				
Канал	Частота, ГГц	Поляризация	Видео	Скорость потока (SR)
RR Satellite Communications	11,013	горизонтальная	MPEG-2	27500
GlobeCast	11,117	вертикальная	MPEG-2	27500
HBO HD	11,258	горизонтальная	MPEG-4	27500
Cyfra+	11,278	вертикальная	MPEG-4	27500
Cyfrowy Polsat	12,265	горизонтальная	MPEG-4	27500
Cyfrowy Polsat	12,265	горизонтальная	MPEG-2	27500
HD Suisse	12,399	горизонтальная	MPEG-4	27500
Номер ИСЗ - S23. Eutelsat W1 10° в.д.				
Канал	Частота, ГГц	Поляризация	Видео	Скорость потока (SR)
Disney Channel	12,568	вертикальная	MPEG-2	3617
MGM	12,611	горизонтальная	MPEG-2	9259
Номер ИСЗ - S24. Eurobird 9 9° в.д.				
Канал	Частота, ГГц	Поляризация	Видео	Скорость потока (SR)
TVTel	11,727	вертикальная	MPEG-2	27500
Skylogic	11,747	горизонтальная	MPEG-2	27500
TVTel	11,766	вертикальная	MPEG-2	27500
TVB	11,823	горизонтальная	MPEG-2	27500
RR Satellite Communications	11,843	горизонтальная	MPEG-2	27500
GTV	11,9	горизонтальная	MPEG-2	27500
Melody Zen	11,958	вертикальная	MPEG-4	27500

Номер ИСЗ - S25.		Eutelsat W3A 7° в.д.		
Канал	Частота, ГГц	Поляризация	Видео	Скорость потока (SR)
@ Open-Sky	10,762	горизонтальная	DATA	27500
@ Open-Sky	11,262	горизонтальная	DATA	27500
@ Open-Sky	11,299	горизонтальная	DATA	13500
BFBS TV	11,324	вертикальная	MPEG-2	27500
@ Emperion	11,351	вертикальная	DATA	8570
DigiTurk	11,452	вертикальная	MPEG-2	25066
DigiTurk	11,554	горизонтальная	MPEG-2	27500

Список литературы

1. Сети телевизионного и звукового ОВЧ-ЧМ вещания: Справочник/ Локшин М.Г., Шур А.А., Кокорев А.В., Краснощеков Р.А. – Радио и связь, 1988.
2. Милютин Е.Р. и др. Методы расчета поля в системах связи дециметрового диапазона.- СПб: Триада, 2003.
3. Джейкс У.К. Связь с подвижными объектами в диапазоне СВЧ.- М.: Связь, 1979.
4. Ли У. Техника подвижных систем связи.- М.: Радио и связь, 1985.
5. Ибраимов Р.Р., Ликонцев Д.Н. Подвижная радиосвязь.- Т.: ТУИТ, 2006.
6. Okamura et al. Field strength and its variability in VHF and UHF land mobile radio service //Rev. Inst. Elec. Eng. – 1968. – V.16.- №9, 10.
7. Долуханов М.П. Распространение радиоволн. – М.: Связь, 1972.
8. Черенкова Е.Л., Чернышев О.В. Распространение радиоволн – М.: Радио и связь, 1984.
9. Ликонцев Д.Н. Конспект лекций. Части 1 и 2. ТУИТ, 2002.
10. Ерохин Г.А., Чернышев О.В. и др. Антенно-фидерные устройства и распространение радиоволн. – М.: Радио и связь, 1996.
11. Ликонцев Д.Н., Исаев Р.И., Нигманов А.А. Экологически безопасное размещение антенн базовых станций в городских условиях // Aloqa dunyosi.- №4.-2007.

**АНТЕННЫ МОБИЛЬНЫХ И
СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ СВЯЗИ.
ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ И
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИХ
ВЫПОЛНЕНИЮ** для специальности

5А524401 - «Мобильные системы связи»
рассмотрены на заседании кафедры АФУ
25.08.2008 г. (протокол № 1) и рекомендованы
к печати.

Рассмотрено на Научно-методическом
Совете ТУИТ (протокол №1 от 18.09.2008г.
и рекомендовано к печати.

Автор доц. Ликонцев Д.Н.

Отв. редактор доц. Ликонцев Д.Н.

Редакционно-корректорная комиссия:

Редактор доц. Абдуазизов А.А.

Корректор ст. преп. Павлова С.И.

Бичими 60x84 1/16

Босма табағи – 5. Адади – 50

Букюртма - № 135

Тошкент ахборот технологиялари университети
“ALOQACHI” нашриёт-матбаа марказида чоп
этилди.

Тошкент ш, Амир Темур кўчаси, 108 – уй