

621.371

2 156

ДАЛЬНЕЕ ТРОПОСФЕРНОЕ  
РАСПРОСТРАНЕНИЕ  
УЛЬТРАКОРОТКИХ РАДИОВОЛН

122 63

Под редакцией

Б. А. Введенского, М. А. Колосова,  
А. И. Калинина, Я. С. Шифрина

Авторы: Н. А. Арманд, Б. А. Введенский, И. А. Гусятинский,  
И. П. Игошев, Л. Я. Казаков, А. И. Калинин, М. А. Колосов,  
И. П. Левшин, А. Н. Ломакин, Л. Г. Назарова, А. С. Немировский,  
А. В. Просин, Э. Я. Рыскин, А. В. Соколов, В. А. Тарасов,  
П. С. Трашков, Ю. А. Тихомиров, В. Н. Троицкий,  
Л. В. Федорова, Ф. Б. Черный, А. В. Шабельников, Р. А. Ширей,  
Я. С. Шифрин, А. А. Шур, О. И. Яковлев

БИБЛИОТЕКА  
ИРЭ АН СССР  
г. Фрязино



ИЗДАТЕЛЬСТВО «СОВЕТСКОЕ РАДИО»  
Москва — 1965

УДК 621.371.24

Монография содержит результаты экспериментальных и теоретических отечественных, в большинстве ранее не опубликованных, исследований в области дальнего тропосферного распространения УКВ.

Рассмотрены вопросы исследования тропосферы с помощью рефрактометра, средние уровни сигнала и влияние на него метеоусловий и рельефа местности флюктуации углов прихода и искажения диаграмм направленности, потери усиления антенн, быстрые и медленные замирания уровней сигналов. Исследованы статистические характеристики сигналов при разнесенном приеме по времени, пространству, частоте и углу, искажения сигналов в системах связи. Рассмотрены теория дальнего тропосферного распространения. Приведен инженерный метод расчета напряженности поля при дальнем тропосферном распространении.

Монография рассчитана на специалистов, работающих в области распространения радиоволн, проектировщиков систем дальней связи, преподавателей и студентов старших курсов.

## О ГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие . . . . .	3
<i>Глава 1. Радиотехнические методы исследования диэлектрической проницаемости тропосферы . . . . .</i>	5
Литература . . . . .	16
<i>Глава 2. Результаты измерений диэлектрической проницаемости тропосферы . . . . .</i>	17
§ 2.1. Зависимость среднего значения коэффициента преломления воздуха от высоты. Стандартная радиоатмосфера . . . . .	17
§ 2.2. Флуктуации коэффициента преломления воздуха . .	24
§ 2.3. Некоторые представления о модели тропосферы . .	43
Литература . . . . .	45
<i>Глава 3. Средние уровни сигналов при ДТР УКВ . . . . .</i>	48
§ 3.1. Аппаратура и методика измерений среднего уровня сигнала . . . . .	48
§ 3.2. Функция ослабления сигнала при ДТР УКВ . . . . .	54
§ 3.3. Зависимость среднего уровня сигнала от расстояния	57
§ 3.4. Зависимость среднего уровня сигнала от длины волны . . . . .	63
§ 3.5. Зависимость среднего уровня сигнала от углов закрытия передающей и приемной антенн . . . . .	65
§ 3.6. Суточные и сезонные изменения среднего уровня сигнала . . . . .	72
Литература . . . . .	75
<i>Глава 4. Влияние коэффициента преломления воздуха у земной поверхности на средний уровень поля при ДТР УКВ . . . . .</i>	77
§ 4.1 О корреляции среднего уровня поля с коэффициентом преломления воздуха у земной поверхности . . . . .	77
§ 4.2. О возможности прогнозирования изменений напряженности поля . . . . .	81
Литература . . . . .	86

<b>Глава 5. Флуктуации углов прихода радиоволн и мгновенные диаграммы направленности антенн . . . . .</b>	88
§ 5.1. Методика измерений углов прихода радиоволн и записи мгновенных диаграмм направленности антennы . . . . .	89
§ 5.2. Флуктуации углов прихода радиоволн в горизонтальной и вертикальной плоскостях . . . . .	92
§ 5.3. Мгновенные диаграммы направленности антenn . . . . .	98
<b>Литература . . . . .</b>	102
<b>Глава 6. Потери усиления антenn при ДТР УКВ . . . . .</b>	103
§ 6.1. Об определении и методике измерения потерь усиления антenn . . . . .	103
§ 6.2. Экспериментальные данные о потерях усиления . . . . .	108
§ 6.3. Теоретические исследования потерь усиления антenn . . . . .	114
<b>Литература . . . . .</b>	120
<b>Глава 7. О теориях дальнего тропосферного распространения УКВ . . . . .</b>	122
§ 7.1. Вводные замечания . . . . .	122
<b>Литература . . . . .</b>	129
§ 7.2. Теория рассеяния радиоволн турбулентными неоднородностями тропосферы . . . . .	130
<b>Литература . . . . .</b>	150
§ 7.3. Отражение радиоволн дчэлектрическими неоднородностями конечных размеров . . . . .	151
<b>Литература . . . . .</b>	171
§ 7.4. Отражение радиоволн от слоистых тропосферных неоднородностей случайного характера . . . . .	172
<b>Литература . . . . .</b>	179
<b>Глава 8. Инженерный метод расчета функции ослабления напряженности поля . . . . .</b>	180
§ 8.1. Основные положения метода расчета . . . . .	181
§ 8.2. Дифракционный горизонт . . . . .	182
§ 8.3. Определение стандартного ослабления поля . . . . .	182
§ 8.4. Поправка на метеорологические условия . . . . .	184
§ 8.5. Поправка на рельеф местности . . . . .	185
§ 8.6. Учет потерь усиления антenn . . . . .	185
§ 8.7. Учет замираний . . . . .	186
<b>Литература . . . . .</b>	188
<b>Глава 9. Статистические характеристики огибающей, фазы и частоты случайного сигнала при ДТР УКВ . . . . .</b>	189
§ 9.1. Статистические характеристики диэлектрической проницаемости тропосферы. Компоненты сигнала ДТР . . . . .	189
§ 9.2. Законы распределения огибающих и фаз различных компонент сигнала . . . . .	193
	413

§ 9.3. Законы распределения огибающей суммарного сигнала . . . . .	197
§ 9.4. Многомерные функции распределения мгновенных значений огибающих и фаз разнесенных сигналов в минутных интервалах . . . . .	207
§ 9.5. Параметры многомерных функций распределения амплитуд и фаз разнесенных сигналов . . . . .	210
§ 9.6. Статистические характеристики мгновенных значений огибающих разнесенных сигналов в минутных интервалах . . . . .	222
§ 9.7. Статистические характеристики мгновенных значений фаз разнесенных сигналов в минутных интервалах . . . . .	239
§ 9.8. Статистические характеристики мгновенных значений первых производных фаз разнесенных сигналов в минутных интервалах . . . . .	248
§ 9.9. Статистические характеристики мгновенных значений второй производной фазы в минутных интервалах . . . . .	257
<b>Литература . . . . .</b>	<b>260</b>
 <i>Глава 10. Экспериментальные исследования быстрых и медленных замираний при ДТР УКВ . . . . .</i>	<b>262</b>
§ 10.1. Методика измерений и обработки экспериментальных данных . . . . .	262
§ 10.2. Одномерные функции распределения мгновенных значений сигналов . . . . .	264
§ 10.3. Одномерные функции распределения усредненных значений сигналов . . . . .	278
§ 10.4. Период и частота быстрых флюктуаций огибающей сигнала . . . . .	283
<b>Литература . . . . .</b>	<b>287</b>
 <i>Глава 11. Экспериментальное исследование статистических характеристик сигналов при пространственном, частотном, временном и угловом разнесенном приеме . . . . .</i>	<b>288</b>
§ 11.1. Пространственно-разнесенный прием . . . . .	288
§ 11.2. Частотно-разнесенный прием . . . . .	295
§ 11.3. Временной разнесенный прием . . . . .	299
§ 11.4. Частотно-временной разнесенный прием . . . . .	305
§ 11.5. Угловой разнесенный прием . . . . .	307
<b>Литература . . . . .</b>	<b>312</b>
 <i>Глава 12. Исследование амплитудно-частотных и фазо-частотных характеристик сигнала при ДТР . . . . .</i>	<b>314</b>
§ 12.1. Метод измерений и обработки экспериментальных данных . . . . .	314
§ 12.2. Амплитудно-частотные характеристики . . . . .	321
§ 12.3. Фазо-частотные характеристики канала ДТР . . . . .	325

§ 12.4. Частотные характеристики группового времени за- паздывания сигнала . . . . .	328
§ 12.5. Исследования полосы пропускания при ДТР УКВ . . . . .	334
<b>Л и т е р а т у р а . . . . .</b>	<b>350</b>
<b>Г л а в а 13. Искажения сигналов при ДТР УКВ . . . . .</b>	<b>351</b>
§ 13.1. Теоретическое исследование искажений, возникаю- щих в многоканальных ЧМ системах связи с ДТР . . . . .	352
§ 13.2. Экспериментальное исследование искажений при ДТР . . . . .	384
§ 13.3. Искажения, возникающие при передаче телевидения по тропосферным радиолиниям . . . . .	389
<b>Л и т е р а т у р а . . . . .</b>	<b>392</b>
<b>Приложение. Автоматизация статистической обработки сигналов . . . . .</b>	<b>394</b>
§ П.1. Дискретизация непрерывных сигналов и кодирование . . . . .	395
§ П.2. Приборы для дискретной записи сигналов . . . . .	397
§ П.3. Специализированное фотоэлектрическое устройство ввода . . . . .	401
§ П.4. Схемы обобщенной статистической обработки экспе- риментальных данных . . . . .	404
<b>Л и т е р а т у р а . . . . .</b>	<b>441</b>