

УДК 621.396.67
ББК 32.845
С61

Сомов А. М.
С61 Распространение радиоволн и антенны спутниковых систем связи. Учебное пособие для вузов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2021. – 456 с.: ил.
ISBN 978-5-9912-0416-3.

Изложены принципы организации систем спутниковой связи и распространения радиоволн в этих системах. Приведены обширные сведения об антеннах земных и бортовых станций, методах расчёта их основных параметров. Рассмотрены используемые на практике распределение полос частот между службами и принципы организации зон территориального обслуживания спутниками связи. Особое внимание уделено особенностям конструкции и расчёту основных электрических параметров антенн, применяемых в спутниковых системах связи. Приведены алгоритмы расчёта некоторых энергетических соотношений на спутниковых линиях связи, а также основных параметров антенн. Реализованные на их основе программы расчета антенн и линий связи доступны для скачивания на сайте издательства.

Для студентов и слушателей, обучающихся по специальности «Информационная безопасность телекоммуникационных систем», а также аспирантов и адъюнктов соответствующего профиля, будет полезна студентам инфокоммуникационных и радиотехнических специальностей, специалистам в области спутниковой связи.

Адрес издательства в Интернет WWW.TECHBOOK.RU

Учебное издание

Сомов Анатолий Михайлович

Распространение радиоволн и антенны
спутниковых систем связи

Учебное пособие

Тиражирование книги начато в 2015 г.

Все права защищены.

*Любая часть этого издания не может быть воспроизведена
в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами
без письменного разрешения правообладателя*

© ООО «Научно-техническое издательство «Горячая линия – Телеком»

www.techbook.ru

© А.М. Сомов

Оглавление

Введение	3
1. Принципы построения системы спутниковой связи	5
1.1. Виды орбит. Основные определения. Состав и назначение систем спутниковой связи	5
1.2. Основные понятия	11
1.3. Общие вопросы структурно-функционального построения системы спутниковой связи и её составных частей	16
1.4. Основные параметры систем спутниковой связи	18
1.5. Состав земных и космических станций	22
1.6. Энергетика спутниковых линий связи	29
1.7. Диапазоны частот, выделенные для спутниковой связи и вещания и регулирование их использования	51
Вопросы к главе 1	60
2. Распространение радиоволн	61
2.1. Уравнения Максвелла и волновые уравнения электромагнитного поля	61
2.2. Распространение радиоволн в однородной среде без потерь	62
2.3. Решение волнового уравнения	63
2.4. Область, существенная для распространения	70
2.5. Зоны Френеля	73
Вопросы к главе 2	76
3. Отражение радиоволн от плоской земной поверхности ...	77
3.1. Метод зеркальных изображений	77
3.2. Зоны Френеля при отражении от почвы. Часть поверхности, наиболее существенная при отражении	80
3.3. Коэффициенты отражения и преломления плоских волн	84
3.4. Отражение от хаотически распределённых неровностей почвы	93
3.5. Коэффициенты отражения Френеля для сферической волны	94
Вопросы к главе 3	99
4. Поле излучателей, поднятых над земной поверхностью .	100
4.1. Множитель интерференции	100
4.2. Множитель интерференции вертикального диполя	106
4.3. Множитель интерференции горизонтального диполя	108
4.4. Квадратичная формула Введенского	110
4.5. Шероховатая земная поверхность	110
4.6. Расстояние прямой видимости до горизонта и приведённые высоты	113

4.7. Условия применимости отражательной концепции	115
Вопросы к главе 7	116
5. Источники помех в виде теплового излучения окружающего пространства.....	117
5.1. Характеристики излучения шума.....	117
5.2. Базовые формулы для расчета интенсивности теплового излучения.....	120
5.3. Различие подходов при разработке методов расчета шумовых параметров радиотелескопов и антенн спутниковых систем связи	123
5.4. Температура шума приёмной антенны.....	126
5.5. Зоны земной поверхности, оказывающие существенное влияние на приём шумов зеркальными антеннами	127
5.6. Выбор места дислокации антенн земных станций спутниковой связи	132
5.7. Шумовые параметры согласованного фидера	142
5.8. Шумовая температура несогласованного фидера.....	144
5.9. Шумовая температура собственного теплового излучения антенны.....	146
5.10. Тепловое радиоизлучение космических тел.....	147
Вопросы к главе 5	148
6. Влияние окружающей среды на шумовую температуру антенн	149
6.1. Яркостная шумовая температура окружающей среды.....	149
6.2. Учет воздействия шумов окружающей среды на шумовую температуру антенны. Действующая шумовая температура среды	152
6.3. Возможность упрощения расчета теплового излучения среды	161
6.4. Шумовая температура для «неровной диффузной» почвы	167
Вопросы к главе 6	169
7. Особенности расчёта направленных свойств антенны	170
7.1. Краткие сведения о зеркальных антеннах. Основные параметры антенн	170
7.2. Методы расчета направленных свойств зеркальных антенн	175
7.3. Уточнение методов расчета зеркальных антенн	185
7.4. Учет дифракционных эффектов на кромках зеркал антенны	192
7.5. Особенности расчета направленных свойств антенн с коническим раскрывом	195
7.6. Облучатели зеркальных антенн	203
7.7. Особенности построения волноводных трактов фазированных антенных решёток	212
7.8. Опорно-поворотные устройства антенн	214

Вопросы к главе 7	218
8. Направленные свойства антенны и её шумовая температура	219
8.1. Шумовая температура антенн с осесимметричной диаграммой направленности. Метод фрагментации окружающего пространства	219
8.2. Шумовая температура антенн при различии диаграмм направленности в ортогональных наклонных плоскостях....	221
8.3. Шумовая температура приемных антенн СВЧ, расположенных над водной поверхностью	218
8.4. Расчет шумовой температуры антенны	235
8.5. Предельные значения шумовой температуры и шумовой добротности земных станций	240
Вопросы к главе 8	243
9. Расчёт шумовой температуры антенн на основе действующей шумовой температуры окружающей среды и коэффициентов передачи	244
9.1. Вывод общих соотношений	244
9.2. Влияние апертурной диаграммы направленности на шумовую температуру антенн	248
9.3. Влияние коэффициентов передачи на шумовую температуру антенны с осесимметричной диаграммой направленности	256
9.4. Учет влияния на ШТ антенны дополнительных факторов	264
9.5. Результаты расчетов	268
Вопросы к главе 9	269
10. Оптимизация шумовой добротности земных станций спутниковой связи	271
10.1. Основные параметры, влияющие на шумовую добротность	271
10.2. Оптимизация шумовой добротности земной станции с односторонней антенной, размещаемой в свободном пространстве	278
10.3. Оптимизация шумовой добротности земной станции с двухсторонней антенной	283
Вопросы к главе 10	289
11. Увеличение эффективности антенн земных станций спутниковой связи	290
11.1. Возможности увеличения шумовой добротности земных станций	290
11.2. Применение экранов и лучеводов	296
11.3. Особенности конструкции антенн	302
11.4. Расчет рабочей поверхности зеркал модифицированной формы	308
11.5. Особенности конструкции облучателей	312

11.6. Экраны для уменьшения тепловых шумов	315
Вопросы к главе 11	322
12. Многолучевые антенны земных станций.....	324
12.1. Необходимость применения многолучевых антенн в спутниковой связи	324
12.2. Тороидальные многолучевые антенны	329
12.3. Однозеркальные многолучевые антенны	331
12.4. Двухзеркальные и многозеркальные МЛА	337
12.5. Двухзеркальные МЛА	337
12.6. Диаграммы направленности антенны.....	343
12.7. Основные энергетические параметры антенны	345
12.8. Шумовая температура и шумовая добротность	346
12.9. Крупногабаритные многолучевые антенны с парциальными контррефлекторами	348
12.10. Многолучевых антенны с общим контррефлектором	360
12.11. Многолучевая зеркальная антенна для работы со спутниками на краю видимого сектора ГСО	362
12.12. Двухзеркальная ненаклонная МЛА	373
Вопросы к главе 12	375
13. Многолучевые бортовые гибридные зеркальные антенны	376
13.1. Многостанционный доступ частотного, пространственного и поляризационного разделения	376
13.2. Бортовые гибридные зеркальные антенны для спутниковых систем связи с сотовой конфигурацией зон обслуживания	379
13.3. Расчёт зон покрытия земной поверхности	390
13.4. Описание программы SatAR для расчёта зон обслуживания бортовой гибридной антенной спутника связи	398
Вопросы к главе 13	429
14. Антенны земных станций спутниковой связи.....	431
14.1. Основные типы антенн земных станций	431
14.2. Элементы волноводного тракта земных станций	435
14.3. Малошумящие усилители.....	439
14.4. Результаты измерений основных параметров антенн земных станций	440
14.5. Бортовые антенны КА	441
Вопросы к главе 14	445
Список используемых сокращений	447
Литература	449