

УДК 621.39(075)  
ББК 32.844.1я73  
С56

Авторы:

*В. А. Майстренко, А. А. Соловьев, М. Ю. Пляскин, А. И. Тихонов*

Рецензенты:

*В. К. Федоров*, доктор технических наук, профессор;

*С. В. Бирюков*, доктор технических наук, профессор

**Современные информационные каналы и системы связи** : учеб-  
С56 ник / В. А. Майстренко [и др.] ; М-во образования и науки Рос. Федера-  
ции, Ом. гос. техн. ун-т, Сиб. гос. автомобил.-дорож. ун-т; Акад. воен.  
наук Рос. Федерации. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2017. – 452 с. : ил.

ISBN 978-5-8149-2458-2

Учебник посвящен принципам работы современных радиоэлектрон-  
ных средств; теоретическому и практическому построению оптимальных  
и энергосберегающих каналов систем связи различных диапазонов радио-  
волн и особенностям их практического использования. Рассмотрены со-  
временные глобальные спутниковые радионавигационные системы GPS,  
ГЛОНАСС, GNSS и GALILEO и разновидности их приемных устройств.

Адресован магистрантам, аспирантам и преподавателям радиоэлек-  
тронных специальностей гражданских и военных вузов, а также инжене-  
рам радиотехнического профиля и радиосвязи.

УДК 621.39(075)  
ББК 32.844.1я73

ISBN 978-5-8149-2458-2

© ОмГТУ, 2017

## ОГЛАВЛЕНИЕ

СПИСОК ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ.....	3
ПРЕДИСЛОВИЕ .....	10
 Глава 1. КРАТКИЙ ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ ИНФОРМАЦИОННЫХ КАНАЛОВ СВЯЗИ И ИСТОРИЧЕСКИЕ ЭТАПЫ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ.....	
1.1. Древнейшие каналы связи и их эволюция.....	13
1.2. Проводные каналы связи.....	14
1.3. Из истории развития фототелеграфной (факсимильной) связи ....	16
1.4. Формирование и развитие оптоволоконных каналов связи .....	17
1.5. Беспроводные системы радиосвязи.....	23
1.6. Радиорелейные линии связи.....	25
1.7. Системы спутниковой связи и навигации .....	25
1.8. Системы спутникового цифрового телевидения .....	27
1.9. Каналы пейджинговой связи.....	28
1.10. Каналы мобильной (сотовой) связи .....	30
1.11. Интернет-телефония .....	38
1.12. Каналы уплотнения высокочастотной связи по линиям электропередачи.....	40
Контрольные вопросы для самопроверки .....	49
 Глава 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ КАНАЛОВ СВЯЗИ .....	
2.1. Современные информационные каналы связи .....	51
2.2. Показатели качества современных систем связи .....	57
2.3. Предельные возможности систем передачи информации .....	59
2.4. Пути развития современных систем связи .....	62
2.5. Принципы построения эффективных каналов радиосвязи и высокочастотной связи по линиям электропередачи .....	62
2.6. Роль каналов высокочастотной связи в электроэнергетике России и пути повышения их эффективности.....	69
Контрольные вопросы для самопроверки .....	73

Глава 3. СИГНАЛЫ И ПОМЕХИ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ КАНАЛОВ СВЯЗИ .....	74
3.1. Основные определения .....	74
3.2. Формы представления сигналов .....	76
3.2.1. Операции преобразования .....	77
3.2.2. Частотный спектр сигнала .....	79
3.2.3. Теорема В. А. Котельникова .....	80
3.3. Основные виды сигналов .....	82
3.4. Методы формирования простых сигналов .....	87
3.5. Методы формирования широкополосных сигналов .....	99
3.6. Радиопомехи и методы ослабления их влияния на прием .....	101
3.6.1. Основные виды радиопомех .....	101
3.6.2. Аналитическое представление помех .....	104
3.6.3. Основные наиболее опасные нелинейные явления в приемных каналах связи и проблема электромагнитной совместимости современных средств связи .....	104
3.6.4. Обобщенный параметр нелинейности по интермодуляции и оценка эффективности подавления нелинейных эффектов в высокочастотных каскадах РПУ и приемных каналах в целом .....	110
3.6.5. Технические показатели, характеризующие динамический диапазон радиоприемных устройств по нелинейным явлениям .....	120
3.6.6. Устройства контроля нелинейных параметров в приемных трактах радиолиний и в каналах ВЧ уплотнения высоковольтных линий электропередачи .....	126
3.6.7. Особенности построения помехоустойчивого главного тракта приема современных профессиональных радиоприемных устройств .....	129
Контрольные вопросы и задачи для самопроверки .....	136

Глава 4. СИНХРОНИЗАЦИЯ, КОДИРОВАНИЕ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМАХ РАДИОСВЯЗИ .....	140
4.1. Синхронизация в современных системах радиосвязи .....	140
4.2. Кодирование в современных системах радиосвязи .....	142

4.3. Инженерная методика энергетического расчета линии радиосвязи .....	146
4.4. Энергетический расчет космических линий связи .....	149
4.5. Принципы построения энергосберегающих дискретных информационных каналов .....	151
Контрольные вопросы для самопроверки .....	157

## Глава 5. ОПТИМАЛЬНЫЙ ПРИЕМ ДВОИЧНЫХ СИГНАЛОВ В КАНАЛАХ С ПОСТОЯННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ .....

5.1. Задача оптимального приема сигналов.....	158
5.2. Оптимальное различение дискретных сигналов методом проверки статистических гипотез .....	160
5.3. Структура оптимальных приемников различения двух сигналов на фоне АБГШ .....	166
5.4. Оптимальный прием различных видов сигналов .....	168
5.4.1. Оптимальные приемники сигналов с пассивной паузой.....	168
5.4.2. Оптимальные приемники сигналов с активной паузой.....	171
5.5. Помехоустойчивость оптимальных приемников различения двух сигналов.....	174
5.5.1. Вероятность ошибки при оптимальном приеме сигналов с активной паузой .....	176
5.5.2. Сравнение помехоустойчивости оптимального приема при разных видах сигналов.....	177
Контрольные вопросы для самопроверки .....	180

## Глава 6. ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ РАДИОСВЯЗИ РАЗЛИЧНЫХ ДИАПАЗОНОВ ЧАСТОТ .....

6.1. Системы радиосвязи крайне низких и сверхнизких частот.....	181
6.2. Система радиосвязи СНЧ диапазона «Сангвин» (США).....	183
6.3. Структура сигналов и алгоритм функционирования отечественной автоматизированной системы связи СНЧ диапазона.....	192

6.4. Особенности технических средств зарубежных радиолиний СНЧ диапазона «Сангвин» и «Зевс».....	196
6.5. Испытания радиолинии «Сангвин» и выводы о перспективности практического использования СНЧ диапазона.....	201
6.6. Расчет энергетики линии радиосвязи СНЧ диапазона.....	203
6.7. Перспективы развития радиолиний СНЧ диапазона .....	206
6.8. Современные радиолинии связи СДВ диапазона.....	210
6.9. Технические средства радиолиний СДВ диапазона.....	215
6.10. Современные требования к радиолиниям СДВ диапазона и возможные пути их практической реализации .....	218
6.11. Перспективы использования сверхширокополосных сигналов .....	223
6.12. Современные радиолинии коротковолнового диапазона.....	226
6.13. Современные системы связи УКВ диапазона.....	241
6.13.1. Современные системы мобильной радиосвязи. Общий принцип и архитектура построения.....	243
6.13.2. Глобальные системы мобильной связи: начальный проект и его современное развитие .....	245
6.13.3. Мобильные сети четвертого поколения LTE .....	255
6.14. Оптимизация современных систем связи.....	268
6.14.1. Оптимизация систем связи в целом (по К. Шеннону).....	271
6.14.2. Оптимизация приемной части системы связи.....	273
Контрольные вопросы и задачи для самопроверки.....	274

## Глава 7. ИНФОРМАЦИОННЫЕ КАНАЛЫ И СИСТЕМЫ СВЯЗИ

СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА ВОЛН.....	277
7.1. Современная шкала электромагнитных волн .....	277
7.2. Особенности использования СВЧ диапазона волн в каналах связи .....	279
7.3. Радио- и лазерные оптико-локационные устройства и системы .....	285
7.3.1. Радиолокационные и оптико-локационные системы .....	287
7.3.2. Лазерный (квантовый) дальномер .....	294
7.3.3. Лазерные излучатели непрерывного и импульсного действия .....	296

7.4. Приборы ночного видения и тепловизоры .....	302
7.5. Основы волоконно-оптической, радиорелейной связи и голографии .....	310
7.5.1. Оптоволоконный и беспроводной оптические каналы связи .....	310
7.5.2. Отечественные волоконно-оптические и радиорелейные линии связи.....	323
7.5.3. Космическая оптическая связь .....	342
7.6. Многофункциональные интерактивные системы кабельного и спутникового телевидения .....	346
7.7. Глобальные навигационные системы GPS, ГЛОНАСС, GNSS и GALILEO.....	352
7.7.1. Общая характеристика глобальных навигационных систем .....	352
7.7.2. Особенности приема и обработки информационных спутниковых сигналов .....	379
7.7.3. Приемная аппаратура спутниковых радионавигационных систем и разновидности приемных устройств потребителя .....	391
7.7.4. Области применения спутниковых радионавигационных систем .....	398
Контрольные вопросы для самопроверки .....	410
 Глава 8. КАНАЛ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ И ЕГО ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПАРАМЕТРЫ.....	413
8.1. Особенности канала передачи данных: скорость передачи данных и его пропускная способность.....	413
8.2. Помехозащищенность и помехоустойчивость канала передачи данных .....	417
8.3. Передача в канале цифровой информации согласно теореме отсчетов Котельникова – Найквиста – Шеннона .....	427
Контрольные вопросы для самопроверки .....	437
 ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	438
 БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	439