

Министерство образования и науки Российской Федерации

Сибирский федеральный университет

**С. А. Подлесный, Ф. В. Зандер**

# **УСТРОЙСТВА ПРИЕМА И ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ**

Рекомендовано Учебно-методическим объединением вузов Российской Федерации по образованию в области радиотехники, электроники, биомедицинской техники и автоматизации в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки магистров 210300.68 «Радиотехника», 14.01.2010

Красноярск  
СФУ  
2011

УДК 621.391(07)

ББК 32.811.3я73

П44

Р е ц е н з е н т ы: В. Ф. Шабанов, акад. председатель Президиума  
КНЦ СО РАН;

В. М. Владимиров, канд. физ.-мат. наук, проф. директор ООО НПФ  
«Электрон»

**Подлесный, С. А.**

П44      Устройства приема и обработки сигналов : учеб. пособие /  
С. А. Подлесный, Ф. В. Зандер. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т,  
2011. – 352 с.  
ISBN 978-5-7638-2263-2

В настоящем пособии изложены теоретические основы построения устройств приема и обработки сигналов и сведения об отдельных функциональных узлах и системах автоматического регулирования. Рассмотрены методы ослабления воздействия шумов и помех в радиоприемных устройствах, особенности приема различного вида сигналов. Изложены структуры и технические характеристики устройств приема и обработки сигналов различного назначения, а также тенденции и перспективы развития теории и техники приема и обработки сигналов.

Для студентов укрупненной группы подготовки специалистов, бакалавров и магистров, обучающихся по направлению 210000 «Электронная техника, радиотехника и связь».

УДК 621.391(07)

ББК 32.811.3я73

ISBN 978-5-7638-2263-2

© Сибирский федеральный  
университет, 2011

---

## ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Устройства приема и обработки сигналов» (УПиОС) является профилирующей в образовании радиоинженера и входит в федеральный компонент государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования. Цель изучения дисциплины – усвоение основ физических процессов, теории и принципов построения и функционирования устройств приема и обработки сигналов, используемых в различных радиотехнических системах.

В результате изучения дисциплины студенты должны овладеть суммой определенных знаний и навыков:

- знать основные методы приема и обработки сигналов; теорию и методы оптимального приема сообщений; методы обеспечения основных характеристик УПиОС; физические принципы, используемые при построении усилительно-преобразовательных трактов УПиОС; методы экспериментального исследования радиоприемников и их функциональных узлов;

- уметь проектировать УПиОС по заданным показателям качества с использованием современной элементной базы; моделировать с помощью современных программных продуктов функциональные узлы и УПиОС в целом; составлять электрические структурные, функциональные и принципиальные схемы УПиОС; формулировать и обосновывать технические требования к ним и отдельным узлам; осуществлять экспериментальные исследования УПиОС и их функциональных узлов;

- представлять пути обеспечения заданных характеристик УПиОС – чувствительности, одно- и многосигнальной частотной избирательности, динамического диапазона по основному и соседним каналам; представлять принципы построения приемных трактов с малым уровнем собственных шумов, высокой частотной избирательностью, низким уровнем перекрестных и интермодуляционных помех, а также тенденции, перспективы и проблемы развития техники радиоприема.

Общий объем дисциплины для магистров составляет 108 часов, из которых 54 часа отводится на самостоятельную работу студентов – самостоятельное изучение теоретических разделов дисциплины и подготовку к лабораторным и практическим занятиям, и 54 часа – на аудиторные занятия с преподавателями (лекции, лабораторные и практические занятия). Содержание настоящего учебного пособия соответствует структуре лекционного курса по дисциплине УПиОС.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	3
ВВЕДЕНИЕ.....	5
1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ УСТРОЙСТВАХ ПРИЕМА И ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ.....	6
1.1. Определение, назначение, основные функции, классификация УПиОС и их место в радиосистемах.....	6
1.2. Общие сведения о моделях сигналов и помех, их характеристики.....	12
1.3. Структурные принципы реализации основных функций УПиОС.....	27
1.4. Характеристики УПиОС.....	32
Выводы.....	40
Контрольные вопросы и задания.....	40
2. ВНУТРЕННИЕ ШУМЫ В ТРАКТАХ ПРИЕМА И ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ.....	41
2.1. Общие сведения о внутренних шумах и источниках их возникновения.....	41
2.2. Коэффициент шума, шумовая температура и их связь с реальной чувствительностью радиоприемника.....	56
Выводы.....	64
Контрольные вопросы и задания.....	65
3. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ УЗЛЫ УСТРОЙСТВ ПРИЕМА И ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ.....	66
3.1. Выходные цепи.....	66
Контрольные вопросы и задания.....	84
3.2. Усилители радиосигналов.....	85
Контрольные вопросы и задания.....	108
3.3. Усилители промежуточной частоты.....	109
Контрольные вопросы и задания.....	125
3.4. Малошумящие усилители диапазона СВЧ.....	125
Контрольные вопросы и задания.....	134

3.5. Преобразователи частоты.....	134
Контрольные вопросы и задания.....	153
3.6. Детекторы амплитудно-модулированных, импульсных и дискретных сигналов.....	154
Контрольные вопросы и задания.....	188
3.7. Амплитудные ограничители.....	189
Контрольные вопросы и задания.....	198
3.8. Частотные детекторы.....	199
Контрольные вопросы и задания.....	219
3.9. Фазовые детекторы.....	220
Контрольные вопросы и задания.....	229
Выводы.....	229
 4. УСТРОЙСТВА УПРАВЛЕНИЯ УПиОС.....	 233
4.1. Системы автоматической регулировки усиления.....	233
4.2. Системы автоматической подстройки частоты УПиОС непрерывных и импульсных сигналов.....	245
Выводы.....	253
Контрольные вопросы и задания.....	255
 5. ПОМЕХИ РАДИОПРИЕМУ И МЕТОДЫ БОРЬБЫ С НИМИ....	 256
5.1. Способы борьбы с флуктуационными помехами с помощью оптимальных методов приема.....	256
5.2. Методы и устройства оптимального приема и обработки сигналов.....	261
5.3. Помехоустойчивость оптимального приема.....	270
Выводы.....	273
Контрольные вопросы и задания.....	274
 6. УСТРОЙСТВА ПРИЕМА И ОБРАБОТКИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ СИГНАЛОВ.....	 275
6.1. Устройства приема амплитудно-модулированных сигналов.....	275
6.2. Радиоприемные устройства сигналов с частотной модуляцией.....	287
6.3. Радиоприемные устройства сигналов с амплитудной манипуляцией.....	293
6.4. Радиоприемные устройства сигналов с частотной манипуляцией.....	300

6.5. Радиоприемные устройства сигналов с фазовой манипуляцией.....	307
6.6. Радиоприемные устройства сигналов с импульсной модуляцией.....	312
Выводы.....	318
Контрольные вопросы и задания.....	318
7. ОСОБЕННОСТИ УПиОС РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ...	320
7.1. Приемные устройства наземных радиорелейных линий связи.....	320
7.2. Тропосферные радиорелейные линии связи.....	321
7.3. Приемные устройства систем спутниковой связи.....	322
7.4. Приемные устройства спутниковых радионавигационных систем.....	326
Выводы.....	329
Контрольные вопросы и задания.....	330
8. ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕОРИИ И ТЕХНИКИ ПРИЕМА И ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ.....	331
Выводы.....	336
Контрольные вопросы и задания.....	336
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	337
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	341