

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Инженерно-технологическая академия

**СОВРЕМЕННЫЕ АЛГОРИТМЫ ОБРАБОТКИ  
ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ  
СИГНАЛОВ В СЕТЯХ СВЯЗИ**

*Учебное пособие*

Ростов-на-Дону – Таганрог  
Издательство Южного федерального университета  
2019

УДК 621.376  
ББК 32.811.3  
Ф338

*Печатается по решению кафедры теоретических основ  
радиотехники Института радиотехнических систем и управления  
Южного федерального университета  
(протокол № 8 от 27 марта 2019 г.)*

**Рецензенты:**

доктор технических наук, профессор,  
заведующий кафедрой радиоэлектронных систем  
Донского государственного технического университета *В. И. Марчук*  
заместитель генерального директора  
ООО «СПЕЦСТРОЙ-СВЯЗЬ» *А. А. Боровский*

**Федосов, В. П.**

Ф338 Современные алгоритмы обработки пространственно-временных сигналов в сетях связи : учебное пособие / В. П. Федосов, А. М. Пилипенко, С. В. Кучерявенко, А. В. Ломакина, А. А. Легин ; под редакцией В. П. Федосова ; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2019. – 98 с.

ISBN 978-5-9275-3210-0

Учебное пособие выпускается в обеспечение образовательной программы 11.04.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» (магистр) по дисциплине «Современные алгоритмы обработки сигналов в радиолокации и радиосвязи». Содержит основные сведения о математических основах, моделях сигналов и алгоритмах обработки в системах связи. Пособие может быть полезно специалистам соответствующих отраслей знаний.

УДК 621.376  
ББК 32.811.3

ISBN 978-5-9275-3210-0

- © Южный федеральный университет, 2019
- © Федосов В. П., Пилипенко А. М.,  
Кучерявенко С. В., Ломакина А. В.,  
Легин А. А., 2019
- © Оформление. Макет. Издательство  
Южного федерального университета, 2019

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	5
1. СИНТЕЗ АЛГОРИТМОВ ПРИЕМА СИГНАЛОВ НА ФОНЕ ПОМЕХ .....	7
1.1. Вероятностные характеристики случайных процессов .....	7
Примеры к разделу 1.1 .....	15
Вопросы для самоконтроля к разделу 1.1 .....	17
1.2. Анализ прохождения сигнала и помехи через типовые радиотехнические тракты .....	21
Примеры к разделу 1.2 .....	27
Вопросы для самоконтроля к разделу 1.2 .....	28
1.3. Алгоритм синтеза зондирующих сигналов с малым уровнем внеполосного излучения (боковых составляющих) .....	33
Список литературы к разделу 1 .....	41
Вопросы для самоконтроля к разделу 1 .....	42
2. АЛГОРИТМЫ ОБРАБОТКИ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ СИГНАЛОВ ДЛЯ ЦИФРОВОЙ ЛИНИИ СВЯЗИ .....	44
2.1. Система связи с пространственно-временным кодированием (ММО) .....	44
2.2. Модели канала, сигналов и шумов, применяемых в системе беспроводной связи .....	49
2.3. Алгоритм снижения внеполосного излучения для OFDM-системы .....	57
2.4. Адаптивный алгоритм обработки пространственно-временных сигналов для разных видов кодирования .....	60
Список литературы к разделу 2 .....	64
Вопросы для самоконтроля к разделу 2 .....	68
3. СИНТЕЗАТОРЫ ЧАСТОТ ДЛЯ СИСТЕМ БЕСПРОВОДНОЙ СВЯЗИ .....	69
3.1. Общие сведения о синхронизации в беспроводной связи .....	69
3.2. Определение и классификация синтезаторов частот .....	71
3.3. Цифровые вычислительные синтезаторы .....	71

*Оглавление*

---

3.4. Синтезаторы с фазовой автоподстройкой частоты .....	75
3.5. Гибридные синтезаторы частот .....	79
3.6. Моделирование синтезаторов частот .....	81
Список литературы к разделу 3 .....	92
Вопросы для самоконтроля к разделу 3 .....	94
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	97