

**В. Г. Санников**

# **ОСНОВЫ ТЕОРИИ СИСТЕМ ИНФОКОММУНИКАЦИЙ**

*Рекомендовано УМО по образованию в области  
Инфокоммуникационных технологий и систем связи  
в качестве учебного пособия для студентов высших учебных  
заведений, обучающихся по направлению подготовки 11.03.02 –  
«Инфокоммуникационные технологии и системы связи»  
квалификации (степени) «бакалавр»*

**Москва  
Горячая линия – Телеком  
2017**

УДК 621.396.2

ББК 32.884

С18

Рецензенты:

доктор техн. наук, профессор *Е. Г. Жилияков*, доктор техн. наук, профессор *С. П. Белов*, доктор техн. наук, доцент *А. Л. Приоров*, канд. техн. наук, доцент *Н. Е. Поборчая*

**Санников В. Г.**

**С18** Основы теории систем инфокоммуникаций. Учебное пособие для вузов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2017. – 176 с.: ил.

**ISBN 978-5-9912-0561-0.**

Изложены физические основы теории систем инфокоммуникаций. Рассмотрены модели, операторы и основные характеристики инфокоммуникационных систем. Изложены математические методы представления детерминированных, случайных и модулированных сигналов. Дано описание сигналов как элементов линейных пространств. Рассмотрены различные классы каналов связи и математические методы формирования и детектирования модулированных сигналов.

Для студентов бакалаврской подготовки, обучающихся по направлению 11.03.02 – «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»; данное пособие может быть полезно студентам телекоммуникационных и радиотехнических специальностей.

ББК 32.884

*Адрес издательства в Интернет [www.techbook.ru](http://www.techbook.ru)*

*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](http://www.techbook.ru)

© В. Г. Санников

# Оглавление

<b>Список сокращений</b> .....	3
<b>Введение</b> .....	4
<b>Глава 1. Модели и операторы системы передачи информации</b> .....	6
1.1. Обобщенная модель системы передачи информации .....	6
1.2. Основные характеристики и простейшая классификация сигналов .....	10
1.3. Операторы передачи и приёма сигналов .....	13
1.3.1. Операторы передающего устройства .....	13
1.3.2. Операторы приёмного устройства .....	20
1.4. Геометрическое представление преобразования сигналов в системе передачи информации .....	22
1.5. Контрольные вопросы .....	29
<b>Глава 2. Детерминированные сигналы</b> .....	31
2.1. Временное и частотное представление сигналов. Интегральные преобразования Фурье .....	31
2.2. Представление сигналов ортогональными рядами. Обобщенный ряд Фурье .....	34
2.3. Представление финитных сигналов ортогональными рядами .....	36
2.4. Дискретизация и восстановление аналоговых сигналов. Теорема Котельникова .....	40
2.5. Аналитические и узкополосные сигналы. Преобразование Гильберта .....	48
2.6. Контрольные вопросы .....	53
<b>Глава 3. Случайные сигналы</b> .....	54
3.1. Общие представления о случайных процессах .....	54
3.2. Вероятностные характеристики и классификация случайных процессов .....	56
3.3. Вероятностные и числовые характеристики одномерных случайных величин .....	58
3.4. Вероятностные и числовые характеристики двумерных случайных величин .....	64
3.5. Функция корреляции и спектральная плотность мощности случайного процесса. Преобразования Винера–Хинчина .....	67
3.6. Контрольные вопросы .....	73
<b>Глава 4. Модулированные сигналы</b> .....	75
4.1. Сигналы аналоговой модуляции при гармоническом переносчике .....	76
4.1.1. Сигналы амплитудной модуляции .....	76

4.1.2. Сигналы угловой модуляции .....	81
4.2. Особенности модуляции при случайном сообщении .....	86
4.3. Сигналы дискретной модуляции .....	90
4.3.1. Понятие о передаче данных и сигнальном созвездии .....	90
4.3.2. Сигналы двоичной модуляции .....	92
4.3.3. Сигналы М-ичной модуляции. Сигнально-кодовые конструкции .....	97
4.4. Модулированные сигналы при импульсном переносчике ...	102
4.5. Контрольные вопросы .....	106
<b>Глава 5. Математические модели каналов связи .....</b>	<b>107</b>
5.1. Особенности реальных каналов связи .....	107
5.2. Общая теория систем применительно к каналам связи ...	110
5.2.1. Физический и математический уровни описания каналов связи .....	110
5.2.2. Аксиомы теории систем .....	114
5.2.3. Математическая классификация каналов связи .....	118
5.3. Модели и особенности непрерывных каналов связи .....	121
5.3.1. Простейшие модели непрерывных каналов связи ...	121
5.3.2. Преобразование сигналов в нелинейных и линейных звеньях каналов связи .....	127
5.4. Простейшие модели дискретных каналов связи .....	132
5.5. Контрольные вопросы .....	142
<b>Глава 6. Физические основы формирования и детектирования модулированных сигналов .....</b>	<b>143</b>
6.1. Принципы формирования модулированных сигналов .....	143
6.1.1. Основные характеристики модуляторов .....	143
6.1.2. Методы формирования модулированных сигналов в нелинейных цепях .....	147
6.1.3. Методы формирования модулированных сигналов в параметрических цепях .....	153
6.2. Особенности формирования сигналов дискретной модуляции .....	156
6.3. Принципы детектирования модулированных сигналов .....	157
6.3.1. Детектирование сигналов импульсного переносчика .....	158
6.3.2. Детектирование сигналов гармонического переносчика .....	161
6.4. Контрольные вопросы .....	171
<b>Заключение .....</b>	<b>172</b>
<b>Список использованных источников .....</b>	<b>173</b>