

**Министерство образования и науки Украины  
Запорожский национальный технический университет  
Радиоприборостроительный факультет  
Кафедра радиотехники и телекоммуникаций**

## **ОСНОВЫ ТЕОРИИ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ**

**Методические указания и контрольные задания**

для студентов заочного отделения  
специальности 7.050901  
”Радиотехника”

**Запорожье 2009**

Основы теории передачи информации. Методические указания и контрольные задания для студентов заочного отделения специальности 7.050901 «Радиотехника и телекоммуникации»./Сост. Б. Н. Бондарев – Запорожье, ЗНТУ, 2009. – 14с.

Составитель: доц., к. т. н. Б.Н. Бондарев

Ответственный за выпуск: доц., к. т. н. Б.Н. Бондарев

Утверждено на заседании  
кафедры радиотехники

Протокол № 9 от 24.06.2009

Рецензент: доц., к. т. н. С.П. Гулин

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Предисловие.....	4
1. Рабочая программа дисциплины.....	5-6
2 Лабораторные и практические занятия.....	7
3 Рекомендуемая литература.....	8
4 Перечень контрольных вопросов.....	8-9
5 Контрольное задание.....	9-12
Приложение 1 Таблица значений функции $-\rho \log_2 \rho$ .....	13
Приложение 2 Таблица двоичных логарифмов целых чисел .....	14

## ПРЕДИСЛОВИЕ

“Основы теории передачи информации” – одна из базовых дисциплин, обеспечивающих теоретическую подготовку по специальности 7.090701 “Радиотехника”.

В результате изучения дисциплины студенты должны знать:

– основные принципы кодирования дискретных и непрерывных сообщений;

– основы теории информации, информационные характеристики и параметры дискретных и непрерывных источников и каналов;

– основные методы кодирования для каналов без шумов и с шумами;

– основные методы уплотнения и разделения каналов и принципы построения многоканальных систем передачи информации.

Дисциплина “Основы теории передачи информации” требует знания ряда предшествующих фундаментальных и специальных дисциплин, входящих в учебный план: “Теория вероятностей и математическая статистика”, “Информатика”, “Статистическая радиотехника”.

Дисциплина изучается на дневном отделении в 6-м семестре, на заочном – в 7-м семестре. Общий объем аудиторных занятий на дневном отделении – 48 часов (лекций – 32 часа, практических занятий – 16 часов), на заочном отделении – 12 (6 и 6) соответственно.

Лабораторные и практические занятия проводятся в компьютерном классе. После каждого занятия студентом должен быть оформлен соответствующий отчет.

По дисциплине на заочном отделении предусмотрен экзамен. В течение семестра студенты выполняют одну контрольную работу.

# 1 РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

## 1.1 Кодирование сообщений

Кодирование дискретных сообщений. Код и системы счисления. равномерные и неравномерные коды. Неприводимые коды. Дискретизация и кодирование непрерывных сообщений. ИКМ, ДИКМ и дельта-модуляция.

[ 1 ], с. 268 – 269, 292 – 301; [ 4 ], с. 5 – 13; [ 6 ], с. 5 – 22.

## 1.2 Основы теории информации

Количественная мера информации по Хартли и Шеннону. Энтропия и избыточность дискретного источника с независимыми элементами. Энтропия бинарного источника. Энтропия непрерывного источника.

Источники сообщений с максимальной энтропией.

Энтропия источника с зависимыми элементами.

Совместная энтропия двух источников.

Производительность источника. Пропускная способность дискретного канала без шумов. Теорема Шеннона для канала без помех.

Методы устранения избыточности. Код Шеннона-Фэно.

Пропускная способность дискретного симметричного канала с шумами. Пропускная способность непрерывного канала с шумами. Теоремы Шеннона для канала с помехами.

[ 1 ], с. 202 – 209, 230 – 246; [ 4 ], с. 14 – 35; [ 6 ], с. 23 – 45.

## 1.3 Методы повышения помехоустойчивости СПИ

Корректирующие коды. Принципы исправления и обнаружения ошибок. Кодовое расстояние и исправляющая способность кода. Простейшие корректирующие коды (коды с четным числом единиц, с постоянным весом, с повторением). Помехоустойчивость простейших кодов.

Систематические коды. Коды Хэмминга (кодирование, декодирование, помехоустойчивость). Циклические коды. Принципы построения, кодирование и декодирование. Непрерывные коды. Понятие о сверточных кодах.

Использование широкополосных сигналов. Прием «в целом». Разнесенный прием. Системы с обратной связью.

[ 1 ], с. 260 – 279, 351 – 365; [ 4 ], с. 36 – 55; [ 6 ], с. 46 – 70.

#### **1.4 Уплотнение каналов ( линий ) связи**

Многоканальные системы передачи информации. Основные принципы уплотнения и разделения сигналов (каналов). Межканальные помехи. Теория линейного разделения сигналов. Условия разделимости сигналов. Разделение ортогональных и линейно-независимых сигналов.

Частотное уплотнение. Структурная схема многоканальной системы с ЧРК. Основные характеристики. Группообразование.

Временное уплотнение. Основные характеристики. Группообразование.

Комбинационное уплотнение. Многопозиционные сигналы (ДЧМ, ДОФМ, ТОФМ, OQPSK, 16-АФМ, 256-АФМ).

Кодово-адресное уплотнение. Использование широкополосных сигналов. Асинхронно-адресные системы.

[ 1 ], с. 300-329; [ 5 ], с. 4 – 42; [ 6 ], с. 71 – 103.

## 2 ЛАБОРАТОРНЫЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

2.1 Энтропия дискретного источника сообщений. Оптимальное кодирование.

2.2 Помехоустойчивое кодирование. Коды Хемминга (кодирование и декодирование).

2.3 Помехоустойчивое кодирование. Циклические коды (кодирование и декодирование).

2.4 Помехоустойчивое кодирование (расчеты помехоустойчивости корректирующих кодов).

2.5 Изучение многоканальной системы с ИКМ.

2.6 Изучение многоканальной системы с ЧРК.

2.7 Изучение принципов радиорелейной связи.

### 3 ЛИТЕРАТУРА

1. Чердынцев В. А. Радиотехнические системы / Б. А. Чернышов – Минск: Высшая школа, 1988. – 370с.
2. Зюко А.Г. Теория электрической связи / А. Г. Зюко, Д. Д. Кловский и др. – М.:Связь, 1988 – 434 с.
3. Жураковский Ю. П. Теорія інформації та кодування / Ю. П. Жураковский, В. П. Полторак. – К.: Вища школа, 2001. – 256 с.
4. Бондарев Б. Н. Основы теории передачи информации. Конспект лекций. Ч.1. – Запорожье: ЗНТУ, 2001. – 63 с.
5. Бондарев Б. Н. Основы теории передачи информации. Конспект лекций. Ч.П. – Запорожье: ЗНТУ, 2001. – 63 с.
6. Бондарев Б. М. Основы теорії передачі інформації: навчальний посібник / Б.М. Бондарев, Д. М. Піза. – Запоріжжя: ЗНТУ,2004. – 108 с.

### 4 ОРИЕНТИРОВОЧНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫХ ВОПРОСОВ

1. Кодирование дискретных сообщений. Код и системы счисления.
2. Равномерные и неравномерные коды. Неприводимые коды.
- 3 Дискретизация и кодирование непрерывных сообщений.
4. ИКМ и дельта-модуляция.
5. Количественная мера информации по Хартли и Шеннону.
6. Энтропия дискретного источника с независимыми элементами. Энтропия бинарного источника.
7. Энтропия непрерывного источника. Источники с максимальной энтропией.
8. Энтропия источника с зависимыми элементами.
9. Совместная энтропия двух источников.
10. Производительность источника. Пропускная способность дискретного канала без шумов. Теорема Шеннона.
11. Методы устранения избыточности. Код Шеннона – Фэно.

12. Пропускная способность дискретного симметричного канала с шумами. Теорема Шеннона.
13. Пропускная способность непрерывного канала с шумами. Теорема Шеннона.
14. Помехоустойчивое кодирование (корректирующие коды). Принципы исправления и обнаружения ошибок.
15. Кодовое расстояние и исправляющая способность кода.
16. Простейшие корректирующие коды и их помехоустойчивость.
17. Систематические коды. Коды Хемминга (принципы кодирования и декодирования).
18. Циклические коды. Принципы построения, кодирования и декодирования.
19. Непрерывные коды. Принцип построения. Сверточные коды.
20. Прием сложных сигналов в «целом».
21. Разнесенный прием.
22. Системы с обратной связью.
23. Структурная схема многоканальной системы. Принципы уплотнения и разделения каналов. Межканальные помехи.
24. Теория линейного разделения сигналов. Условия делимости сигналов.
25. Разделение ортогональных и линейно-независимых сигналов.
26. Примеры ортогональных сигналов.
27. Группообразование в многоканальных системах с частотным и временным уплотнением.
28. Основные характеристики систем с частотным уплотнением.
29. Временное уплотнение. Основные характеристики.
30. Группообразование при временном уплотнении.
31. Комбинационное уплотнение. Многопозиционная частотная и фазовая манипуляция (ДЧМ,ДФМ, ТОФМ).
32. Сигналы 16-АФМ, 256-АФМ.
33. Кодово-адресное (кодовое) уплотнение.
34. Использование широкополосных сигналов.
35. Асинхронно-адресные системы.
36. Статистическое уплотнение.

## КОНТРОЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ

Задача 1. Источник информации выдает символы из ансамбля  $\mathbf{X} = \{\mathbf{X}_i\}$  ( $i=1,4$ ) с вероятностями  $\mathbf{P}(\mathbf{X}_i)$ . Найти количество информации, содержащейся в каждом из символов источника при их независимом выборе. Вычислить энтропию и избыточность заданного источника.

Таблица 1

Исходные данные	Номер варианта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
P(X1)	0,2	0,15	0,05	0,1	0,55	0,45	0,4	0,5	0,5	0,45
P(X2)	0,3	0,35	0,1	0,2	0,3	0,3	0,25	0,2	0,4	0,25
P(X3)	0,4	0,45	0,15	0,25	0,1	0,15	0,2	0,15	0,05	0,2
P(X4)	0,5	0,05	0,7	0,45	0,05	0,1	0,15	0,15	0,05	0,1

Указание: при решении этой и следующих задач можно воспользоваться таблицами, приведенными в приложениях 1 и 2, а также соотношением

$$\text{Log}_2 x = 3,322 \cdot \lg x.$$

Задача 2. Закодировать двоичным кодом по алгоритму Шеннона-Фэно ансамбль  $\mathbf{X} = \{\mathbf{X}_i\}$  ( $i=1,8$ ), заданный априорными вероятностями  $\mathbf{P}(\mathbf{X}_i)$ . Найти энтропию ансамбля и среднее число знаков в кодовых комбинациях. Сравнить полученный код с равномерным.

Таблица 2

Исходные данные	Номер варианта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
P(X1)	0,25	0,2	0,15	0,3	0,4	0,2	0,12	0,04	0,05	0,17
P(X2)	0,2	0,15	0,1	0,2	0,15	0,1	0,16	0,16	0,10	0,1
P(X3)	0,15	0,1	0,05	0,1	0,1	0,2	0,22	0,03	0,15	0,06
P(X4)	0,1	0,05	0,25	0,05	0,15	0,1	0,08	0,17	0,20	0,02
P(X5)	0,05	0,1	0,15	0,1	0,05	0,15	0,1	0,06	0,20	0,1
P(X6)	0,10	0,3	0,2	0,1	0,05	0,15	0,2	0,14	0,15	0,2
P(X7)	0,10	0,05	0,05	0,1	0,05	0,05	0,06	0,15	0,10	0,15
P(X8)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,25	0,05	0,15

Задача 3. Вычислить пропускную способность непрерывного радиоканала, если задана средняя мощность сигнала  $P_c$  на выходе канала, а помехой является внутренний тепловой шум радиоприемного устройства с эффективной полосой пропускания  $\Delta F$ . Приемник работает при заданной температуре  $T$  (по Цельсию).

Таблица 3

Исходные данные	Номер варианта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$P_c$ , мквт	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	1
$\Delta F$ , кгц	10	20	30	40	50	60	80	120	150	200
$T$ , град	20	50	30	10	-20	-50	40	-10	-20	-30

Указание. Мощность шума в заданной полосе определяется по формуле

$$P_{ш} = kTF,$$

где  $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ . При этом произведение  $kT$  определяет спектральную плотность средней мощности теплового шума  $N_0$  и имеет размерность **Вт/гц**.

Задача 4. В системе телеуправления необходимо обеспечить передачу  $N$  команд обнаруживающим ошибки кодом с четным числом единиц. Определить необходимую значность кода, рассчитать избыточность и помехоустойчивость кода (вероятности правильного приема комбинации, вероятности обнаруженных и не обнаруженных ошибок) при условии, что вероятность искажения каждого символа в передаваемой последовательности равна  $p$ . Записать три комбинации кода с порядковыми номерами  $n \dots n + 2$ , где  $n$  номер варианта.

Таблица 4

Исходные данные	Номер варианта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$N$	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$p$	$1E-2$	$1E-3$	$1E-4$	$2E-2$	$2E-3$	$2E-4$	$3E-2$	$3E-3$	$3E-4$	$5E-4$

Задача 5. рассчитать необходимую полосу пропускания для  $N$  канальной РТСПИ с частотным разделением каналов при заданном значении верхней частоты  $F_v$  канальных сигналов, видах первичной ( $M1$ ) и вторичной ( $M2$ ) модуляции, индексах модуляции  $m1$  и  $m2$ . Изобразить графически спектры сигналов после первой и второй ступени модуляции.

Таблица 5

Исходные данные	Номер варианта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$N$	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
$F_v$ , кГц	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$M1$	АМ	ОМ	ЧМ	ЧМ	АМ	ОМ	ЧМ	ЧМ	АМ	ОМ
$M2$	ЧМ	ЧМ	ОМ	АМ	ЧМ	ЧМ	ОМ	АМ	ЧМ	ЧМ
$m1$			5	3			6	4		
$m2$	4	5			5	6			5	7

Задача 6. Определить тактовую частоту  $F_t$  в системе ИКМ-ВРК, если число каналов  $N$ , число передаваемых уровней канальных сообщений  $n$ , верхняя частота спектра канальных сигналов  $F_v$ . Изобразить временную диаграмму цикла передачи.

Таблица 6

Исходные данные	Номер варианта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$N$	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
$F_v$ , кГц	3	4	5	6	7	3	4	5	6	7
$n$	128	256	512	1024	128	256	512	1024	128	256

## Приложение I

Таблица значений функции  $f(p) = -p \cdot \log_2 p$ 

p	- p log p						
0,01	0,0664	0,26	0,5053	0,51	0,4954	0,76	0,3009
0,02	1128	0,27	5100	0,52	4906	0,77	2903
0,03	1518	0,28	5142	0,53	4854	0,78	2796
0,04	1858	0,29	5179	0,54	4800	0,79	2687
0,05	2161	0,30	5211	0,55	4744	0,80	2575
0,06	0,2435	0,31	0,5238	0,56	0,4685	0,81	0,2462
0,07	2686	0,32	5260	0,57	4623	0,82	2348
0,08	2915	0,33	5278	0,58	4558	0,83	2231
0,09	3126	0,34	5292	0,59	4491	0,84	2112
0,10	3322	0,35	5301	0,60	4422	0,85	1992
0,11	0,5303	0,36	0,5306	0,61	0,4350	0,86	0,1871
0,12	3671	0,37	5307	0,62	4276	0,87	1748
0,13	3826	0,38	5305	0,63	4199	0,88	1623
0,14	3971	0,39	5298	0,64	4121	0,89	1496
0,15	4105	0,40	5288	0,65	4040	0,90	1368
0,16	04230	0,41	0,5274	0,66	0,3957	0,91	0,1238
0,17	4346	0,42	5256	0,67	3871	0,92	1107
0,18	4453	0,43	5236	0,68	3784	0,93	974
0,19	4552	0,44	5210	0,69	3694	0,94	839
0,20	4644	0,45	5184	0,70	3602	0,95	703
0,21	0,4728	0,46	0,5153	0,71	0,3508	0,96	0,0565
0,22	4806	0,47	5120	0,72	3412	0,97	426
0,23	4877	0,48	5083	0,73	3314	0,98	286
0,24	4941	0,49	5043	0,74	3215	0,99	144
0,25	5000	0,50	5000	0,75	3113	1,00	0,0000

## Приложение 2

Таблица двоичных логарифмов целых чисел от 1 до 100

n	log n	n	log n	n	log n
1	0,0000	35	5,1293	68	6,0875
2	1,0000	36	1699	69	1085
3	1,5850	37	2095	70	1293
4	2,0000	38	2479	71	1498
5	2,3219	39	2854	72	1699
6	2,5850	40	5,3219	73	6,1898
7	2,8074	41	3575	74	2095
8	3,0000	42	3923	75	2288
9	3,1699	43	4263	76	2479
10	3,3219	44	4594	77	2668
11	3,4594	45	5,4619	78	6,2854
12	5850	46	5236	79	3038
13	7004	47	5546	80	3219
14	8074	48	5850	81	3399
15	9069	49	6147	82	3575
16	4,0000	50	5,6439	83	6,3750
17	0875	51	6724	84	3923
18	1699	52	7004	85	4094
19	2479	53	7279	86	4263
20	3219	54	7549	87	4429
21	4,3923	55	5,7814	88	6,4594
22	4594	56	8074	89	4757
23	5236	57	8329	90	4919
24	5850	58	8580	91	5078
25	6439	59	8826	92	5236
26	4,7004	60	5,9069	93	6,5392
27	7549	61	9307	94	5546
28	8074	62	9542	95	5699
29	8580	63	9773	96	5850
30	9069	64	6,0000	97	5999
31	4,9542	65	6,0224	98	6,6147
32	5,0000	66	0444	99	6294
33	0444	67	0661	100	6439
34	0875				