

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені В. Н. КАРАЗІНА

Ю. І. Лосев
С. І. Шматков

ОСНОВИ ТЕОРІЇ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ

Навчальний посібник

За редакцією Ю. І. Лосева

Харків – 2012

УДК 004.7(075.8)
ББК 32.973я73
Л 79

Рецензенти:

А. А. Метешкин – професор, доктор технічних наук, професор кафедри інформатики Харківського національного автомобільно-дорожнього університету;

В. Е. Саваневич – професор кафедри ТКС ХНУРЕ, доктор технічних наук, доцент.

*Затверджено до друку рішенням Вченої ради
Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна
(протокол № 11 від 29.10.2010 р.)*

Лосев Ю. І.

Л 79 Основи теорії передачі інформації : навчальний посібник / Ю. І. Лосев, С. І. Шматков ; за ред. Ю. І. Лосева. – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2013.– 292 с.

Висловлюються загальні положення теорії передачі інформації. Даються визначення основних понять, елементів і пристроїв системи передачі інформації. Наводяться математичні моделі детермінованих і випадкових як аналогових, так і цифрових сигналів. Описуються різні методи модуляції аналогових і цифрових сигналів, наводяться методики оцінки їх завадостійкості. Висловлюються математичні моделі каналів зв'язку і методи адаптації при передачі інформації. Враховуючи важливість забезпечення достовірної і надійної передачі, наведені основи теорії завадостійкого кодування, а також питання тактової і циклової синхронізації в системах передачі інформації.

**УДК 004.7(075.8)
ББК 32.973я73**

© Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, 2013
© Лосев Ю. І., Шматков С. І., 2013
© Літвінова О. О., макет обкладинки, 2013

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1. ОСНОВНІ ВІДОМОСТІ ПРО СИСТЕМИ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ	8
1.1. Основні поняття й визначення теорії передачі інформації.....	8
1.2. Класифікація телекомунікаційних мереж	14
1.3. Основні характеристики каналів зв'язку й вимоги до них.....	16
1.4. Характеристика ліній зв'язку.....	19
1.5. Стандартна семирівнева модель телекомунікаційних систем	30
Контрольні питання	35
2. МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ДЕТЕРМІНОВАНИХ АНАЛОГОВИХ СИГНАЛІВ. МЕТОДИ МОДУЛЯЦІЇ	37
2.1. Математичні моделі найпростіших детермінованих сигналів	37
2.2. Моделі сигналу в системі тригонометричних функцій	40
2.3. Моделі сигналів у системі комплексних експонентних функцій	47
2.4. Спектральне подання неперіодичного сигналу. Інтеграл Фур'є.....	50
2.5. Деякі властивості перетворення Фур'є.....	53
2.6. Аналітичний сигнал	56
2.7. Амплітудна модуляція гармонійного несучого коливання	59
2.7.1. Аналітичне вираження амплітудно-модульованого коливання....	59
2.7.2. Спектр частот при амплітудній модуляції.....	60
2.7.3. Балансова модуляція	62
2.7.4. Односмугова модуляція.....	64
2.8. Кутова модуляція	68
2.9. Імпульсна модуляція.....	72
2.9.1. Види імпульсної модуляції	72
2.9.2. Спектри сигналів при імпульсній модуляції	74
2.10. Аналогові багатоканальні системи зв'язку	77
2.10.1. Загальні відомості про багатоканальні системи.....	77
2.10.2. Багатоканальні системи із частотним ущільненням каналів	79
Контрольні питання	83
3. МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ВИПАДКОВИХ АНАЛОГОВИХ СИГНАЛІВ	84
3.1. Основні положення теорії випадкових сигналів.....	84
3.2. Закони розподілу випадкових величин.....	88
3.3. Випадкові процеси та їх характеристики	94
3.4. Стаціонарні і ергодичні випадкові процеси	96
3.5. Взаємна функція кореляції двох випадкових процесів.....	99

3.6. Спектральні представлення стаціонарних випадкових процесів.....	101
3.7. Марківські випадкові процеси.....	105
Контрольні питання	111
4. МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ КАНАЛІВ ЗВ'ЯЗКУ	112
4.1. Лінійні і нелінійні моделі каналів зв'язку	112
4.2. Перетворення випадкових сигналів у детермінованих лінійних і нелінійних каналах.....	116
4.3. Адитивні завади в каналі.....	120
4.4. Моделі безперервних каналів зв'язку	122
4.5. Моделі дискретних каналів зв'язку.....	123
Контрольні питання	128
5. МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ДЕТЕРМІНОВАНИХ ЦИФРОВИХ СИГНАЛІВ. МЕТОДИ МОДУЛЯЦІЇ ТА ЇХ ЗАВАДОСТІЙКІСТЬ	129
5.1. Алгоритми оптимальної обробки при розрізненні двійкових сигналів. Критерії оцінки завадостійкості	129
5.2. Потенційна завадостійкість при прийомі двійкових сигналів	137
5.3. Завадостійкість при прийомі амплітудно-модульованих сигналів.....	140
5.4. Завадостійкість при прийомі частотно-модульованих сигналів	143
5.5. Завадостійкість при прийомі фазо-модульованих (BPSK) сигналів.....	145
5.6. Відносна фазова модуляція	148
5.7. Багаторазові методи модуляції	151
5.7.1. Коротка характеристика багаторазових методів модуляції.....	151
5.7.2. Завадостійкість при прийомі сигналів з ДВФМ.....	153
5.8. Частотна модуляція з мінімальним зсувом	159
5.9. Комбіновані методи модуляції	162
5.10. Ортогональний частотний розподіл з мультиплексуванням.....	165
5.11. Ширококутові сигнали	170
5.11.1. Загальні відомості про ширококутові сигнали	170
5.11.2. Розширення спектра методом прямої послідовності.....	173
5.11.3. Розширення спектра методом псевдоподібної перебудови частоти	177
5.11.4. Області застосування ширококутових сигналів	179
5.12. Цифрові багатоканальні системи	182
5.13. Квантування аналогових сигналів за часом	186
Контрольні питання	191
6. МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ВИПАДКОВИХ ЦИФРОВИХ СИГНАЛІВ. МЕТОДИ АДАПТАЦІЇ В СИСТЕМІ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ	193
6.1. Цифрові методи передачі сигналів.....	193
6.2. Математичні методи випадкового потоку сигналів	199
6.2.1. Класифікація випадкових потоків	199
6.2.2. Час обслуговування.....	202

6.2.3. Класифікація систем масового обслуговування	203
6.2.4. Одноканальна система масового обслуговування з відмовами й показовим законом часу обслуговування	204
6.3. Методи боротьби з виникаючими в каналах зв'язку помилками	207
6.3.1. Коротка характеристика методів боротьби з помилками	207
6.3.2. Адаптивні системи передачі даних з вирішальним зв'язком.	211
6.3.3. Основні характеристики СПД з вирішальним зворотнім зв'язком	214
6.4. Засоби боротьби з міжсимвольними завадами	217
6.5. Адаптивна просторова селекція сигналів	221
Контрольні питання	225
7. ОСНОВИ ТЕОРІЇ ЗАВАДОСТІЙКОГО КОДУВАННЯ	227
7.1. Принципи виявлення та виправлення помилок.	227
7.2. Основні характеристики завадостійких кодів	230
7.3. Математичний опис процесів кодування й декодування.....	231
7.4. Блокові лінійні коди.....	234
7.4.1. Коди з перевіркою на парність	234
7.4.2. Коди Хеммінга.....	236
7.4.3. Коди з постійною вагою	238
7.5. Циклічні коди	240
7.5.1. Способи опису циклічних кодів	240
7.5.2. Властивості циклічних кодів по виявленню помилок.....	244
7.5.3. Укорочені циклічні коди	246
7.6. Циклічні коди, що виправляють помилки	246
7.6.1. Коди Боуза–Чоудхурі–Хоквінгема	246
7.6.2. Коди Ріда–Соломона.....	248
7.6.3. Коди Файра	249
7.7. Принципи побудови кодованих і декодованих пристроїв циклічних кодів	249
7.8. Коди загортання	254
7.9. Ланцюговий код	259
7.10. Каскадні коди	261
7.11. Узгодження процесів модуляції та кодування	263
Контрольні питання	268
8. ТАКТОВА Й ЦИКЛОВА СИНХРОНІЗАЦІЯ В СИСТЕМАХ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ.....	269
8.1. Способи регенерації прийнятих елементів.....	269
8.2. Тактова синхронізація в системах передачі інформації.....	272
8.3. Циклова синхронізація в системах передачі інформації.....	277
Контрольні питання	283
ДОДАТОК 1	284
ДОДАТОК 2	290
ЛІТЕРАТУРА.....	291

Навчальне видання

Лосев Юрій Іванович
Шматков Сергій Ігорович

ОСНОВИ ТЕОРІЇ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ

Навчальний посібник

Коректор *Гавриленко О. В.*
Комп'ютерне верстання *Чистякова О. С.*
Макет обкладинки *Літвінова О. О.*

Формат 60x84/16. Ум. друк. арк. 33,59. Тираж 300 прим. Зам. 149/12

Надруковано з готових оригінал-макетів у друкарні ФОП Азамаєв В.Р.
Єдиний державний реєстр юридичних осіб та фізичних осіб-підприємців.
Запис № 24800170000026884 від 25.11.1998.
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до державного реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції.
Серія ХК № 135 від 23.02.05р.
м. Харків, вул. Познанська 6, к.84 тел. (057) 362-01-52
e-mail:bookfabrik@rambler.ru