

ОСНОВЫ КОРРЕКТИРУЮЩЕГО КОДИРОВАНИЯ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к самостоятельной работе
для студентов направления 11.03.01 «Радиотехника»
(профиль «Радиотехнические средства передачи, приема и
обработки сигналов») заочной формы обучения

Воронеж 2022

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

Кафедра радиотехники

ОСНОВЫ КОРРЕКТИРУЮЩЕГО КОДИРОВАНИЯ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к самостоятельной работе
для студентов направления 11.03.01
«Радиотехника» (профиль «Радиотехнические средства
передачи, приема и обработки сигналов») заочной формы
обучения

Воронеж 2022

УДК 621.396
ББК 32.85

Составитель *канд. техн. наук, доц. Р. П. Краснов*

Основы корректирующего кодирования: методические указания к самостоятельной работе для студентов направления 11.03.01 «Радиотехника» (профиль «Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов») заочной формы обучения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост.: Р. П. Краснов. Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2022. 11 с.

В методических указаниях приведено содержание дисциплины «Основы корректирующего кодирования» для студентов заочной форм обучения направления 11.03.01 «Радиотехника» (профиль «Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов»). Кроме того, изложены домашние задания для подготовки к итоговому контролю. Представлены контрольные вопросы и приведены ссылки на рекомендуемую литературу.

УДК 621.396
ББК 32.85

Табл. 1. Библиогр.: 5 назв.

Рецензент – канд. техн. наук, доц. каф. РЭУС, ВГТУ А. В. Володько

Печатается по решению редакционно-издательского совета Воронежского государственного технического университета

1. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель преподавания дисциплины – обеспечение студентов базовыми знаниями, навыками и представлениями в области корректирующего кодирования.

Для достижения цели ставятся *задачи*:

1. Освоение методов избыточного кодирования информации.
2. Изучение принципов построения линейных кодов.
3. Освоение методов расчета помехоустойчивости при применении корректирующих кодов.
4. Изучение структур кодеров и декодеров различных кодов

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать: линейные коды, применяемые в системах передачи информации и радиосвязи, методы расчета помехоустойчивости при применении корректирующих кодов.

Уметь: выбрать корректирующий код для системы передачи информации в соответствии с требуемым качеством ее передачи по каналу связи.

Владеть: основами терминологии по корректирующему кодированию, методами анализа свойств корректирующих кодов различной сложности.

Темы и содержание лекций

Введение. Основные понятия о корректирующих кодах, помехоустойчивость. Принцип построения кодов

Общая модель телекоммуникационной системы. Ошибки в дискретном канале связи.

Классификация корректирующих кодов. принцип построения корректирующих кодов. помехоустойчивость при независимых и группирующихся ошибках.

Структура блочных кодов и их формирование. Качество блочного кода. Кодирование блочными кодами, получение кодового слова. декодирование блочных кодов.

Структура блоковых кодов и их формирование. Построение производящей матрицы. Формирование производящей матрицы на основе программных средств. Качество блоковых кодов. Относительная скорость кода, избыточность. Верхняя граница Хемминга, границы Варшамова-Гильберта. Вывод границы Хемминга. Декодирование блоковых кодов. Получение проверочной матрицы, ее связь с производящей матрицей. Понятие синдрома. Полный переборный алгоритм

Введение в циклическое кодирование. Двоичные многочлены. процедура кодирования. Декодирование методом вылавливания ошибок

Введение в циклическое кодирование. Двоичные многочлены и действия над ними. Кодирование циклическими кодами Декодирование циклических кодов методом вылавливания ошибок. Основные принципы и процедуры. Особенности кодов

Решение систем уравнений в полях Галуа. Декодирование кодов БЧХ по формулам

Решение систем уравнений в полях Галуа. Особенности решения при различном числе ошибок Декодирование кодов БЧХ по формулам. Вывод формул. Вид уравнений кодов БЧХ.

Другие виды корректирующих кодов

Коды Рида-Соломона. Каскадные коды. Сверточные коды. Турбо коды.

Перечень лабораторных работ

1. Помехи и их воздействие на блоковые коды.
2. Блоковые корректирующие коды.
3. Циклические корректирующие коды.
4. Декодирование кодов БЧХ по формулам.

Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Основными формами текущего контроля при изучении дисциплины являются индивидуальный устный опрос (УО), тестирование (Т), защита результатов лабораторных исследований (ЗЛ).

При устном опросе и защите результатов лабораторных исследований оценка «отлично» выставляется студенту, корректно ответившему на не менее чем 80% задававшихся ему вопросов; оценка «хорошо» выставляется за успешный ответ не менее чем на 60% вопросов; при ответе по меньшей мере на 40% вопросов студент получает оценку «удовлетворительно»; худшие результаты фиксируются как «неудовлетворительные».

При промежуточном (итоговом) контроле в форме зачета с оценкой или экзамена на оценку «отлично» могут претендовать студенты, демонстрирующие знание теоретического материала, способные ответить по меньшей мере на 80% вопросов преподавателя (в рамках утвержденного комплекта оценочных средств (КОС)) и самостоятельно решать задачи, как минимум, среднего уровня сложности. Оценку «хорошо» заслуживают студенты, демонстрирующие знание наиболее важных положений теоретического материала, способные ответить по меньшей мере 60% вопросов преподавателя (в рамках утвержденного КОС) и самостоятельно решать задачи невысокой сложности, а также решать задачи среднего уровня сложности под руководством преподавателя. Оценку «удовлетворительно» получают студенты, демонстрирующие знание наиболее важных положений теоретического материала, способные ответить, как минимум, на 40% вопросов преподавателя (в рамках КОС), а также решать задачи невысокой сложности под руководством преподавателя. При более низкой результативности студент получает оценку «неудовлетворительно».

Контроль в форме тестирования проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов. Каждый

правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом. Максимальное количество набранных баллов – 30.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 16 баллов.
2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 16 до 20 баллов.
3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 21 до 25 баллов.

Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 26 до 30 баллов

По дисциплине «Основы корректирующего кодирования» читаются лекции, проводятся лабораторные занятия.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Лабораторные занятия проводятся в режиме моделирования на ПЭВМ типовых алгоритмов коррекции ошибок. Они направлены на наглядное изучение взаимосвязи между параметрами радиотехнических устройств, статистическими характеристиками помех, возникающих в каналах связи.

Большое значение по закреплению и совершенствованию знаний имеет самостоятельная работа студентов. Информацию о всех видах самостоятельной работы студенты получают на занятиях.

Контроль усвоения материала дисциплины производится устным опросом при защите результатов лабораторных работ. Освоение дисциплины оценивается на экзамене.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки,

	<p>обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью словарей и справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции, практическом или лабораторном занятии.</p>
Лабораторные занятия	<p>Работа с конспектом лекций, просмотр рекомендуемой литературы. Изучение теоретических материалов и подготовка домашних заданий к лабораторным работам. Выполнение исследований; при этом особое внимание следует уделить выявлению взаимосвязей между изменением параметров помех и возможностью кода.</p>
Самостоятельная работа	<p>Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие:</p> <ul style="list-style-type: none"> - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к зачету	<p>При подготовке к экзамену необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу, и исследования свойств корректирующих кодов на лабораторных занятиях.</p>

2. КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

2.1. Подготовить краткий отчет по одному вопросу из нижеприведенного списка. Номер вопроса должен соответствовать сумме последних двух цифр номера зачетной книжки.

1. Общая модель телекоммуникационной системы. Ошибки в дискретном канале связи. Модель Гильберта.

2. Принцип построения корректирующих кодов. Разрешенные и запрещенные кодовые комбинации. Расстояние по Хеммингу, кодовое расстояние. Связь кодового расстояния с возможностями кода по коррекции и обнаружению ошибок.

3. Помехоустойчивость блоковых кодов при независимых ошибках, эквивалентная вероятность ошибки на информационной элемент кодовой комбинации.

4. Помехоустойчивость блоковых кодов при группирующихся ошибках. Декор-реляция группирующихся ошибок.

5. Структура блоковых кодов и их формирование. Образующая матрица и принцип её формирования. Граница Хемминга и Варшамова-Гилберта.

6. Кодирование информационных последовательностей блоковыми кодами.

7. Декодирование блоковых корректирующих кодов.

8. Понятие о циклических кодах. Действия с многочленами.

9. Неприводимые многочлены. Построение образующей матрицы циклического кода по образующему полиному.

10. Кодирование информации циклическими кодами.

11. Декодирование циклических кодов для одиночных и многократных ошибок.

12. Основные понятия полей Галуа. Построение поля Галуа по образующему полиному.

13. Действия с элементами поля Галуа. Понятие корней многочленов.

14. Понятие о кодах БЧХ. Построение проверочной

матрицы кодов БЧХ.

15. Определение кодов БЧХ через многочлены. Образующая матрица кодов БЧХ.

16. Декодирование кодов БЧХ по формулам.

17. Декодирование кодов БЧХ по алгоритму Питерсона-Горенштейна-Цирлера (ПГЦ).

18. Принцип построения кодов Рида-Соломона. Их отличие от кодов БЧХ.

2.2. Произвести кодирование фамилии студента по Методу Шеннона-Фано. Статистические данные по частоте использования букв русского языка приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Вероятность появления букв русского языка

буква	частота	буква	частота	буква	частота
-	0,145	к	0,029	ч	0,013
о	0,095	м	0,026	й	0,01
е	0,074	д	0,026	х	0,009
а	0,064	п	0,024	ж	0,008
и	0,064	у	0,021	ю	0,007
т	0,056	я	0,019	ш	0,006
н	0,056	ы	0,016	щ	0,003
с	0,047	з	0,015	э	0,003
р	0,041	ъ,ь	0,015	ф	0,002
в	0,039	б	0,015		
л	0,036	г	0,014		

2.3. Построить код Хэмминга и определить значения проверочных разрядов для кодовой комбинации, соответствующей сумме последних двух цифр зачетной книжки (выбрать разрядность информационной части $k=5$).

2.4. Построить кодер сверточного кода по образующим полиномам $g_1(x) = 1 + x^3$, $g_2(x) = 1 + x + x^4$ и закодировать сообщение из задания 2.3. Показать содержимое регистра кодера на всех шагах кодирования.

3. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Общая модель телекоммуникационной системы. Ошибки в дискретном канале связи. Модель Гильберта.

2. Принцип построения корректирующих кодов. Разрешенные и запрещенные кодовые комбинации. Расстояние по Хеммингу, кодовое расстояние. Связь кодового расстояния с возможностями кода по коррекции и обнаружению ошибок.

3. Помехоустойчивость блоковых кодов при независимых ошибках, эквивалентная вероятность ошибки на информационной элемент кодовой комбинации.

4. Помехоустойчивость блоковых кодов при группирующихся ошибках. Декор-реляция группирующихся ошибок.

5. Структура блоковых кодов и их формирование. Образующая матрица и принцип её формирования. Граница Хемминга и Варшамова-Гилберта.

6. Кодирование информационных последовательностей блоковыми кодами.

7. Декодирование блоковых корректирующих кодов.

8. Понятие о циклических кодах. Действия с многочленами.

9. Неприводимые многочлены. Построение образующей матрицы циклического кода по образующему полиному.

10. Кодирование информации циклическими кодами.

11. Декодирование циклических кодов для одиночных и многократных ошибок.

12. Основные понятия полей Галуа. Построение поля Галуа по образующему полиному.

13. Действия с элементами поля Галуа. Понятие корней многочленов.

14. Понятие о кодах БЧХ. Построение проверочной матрицы кодов БЧХ.

15. Определение кодов БЧХ через многочлены. Образующая матрица кодов БЧХ.

16. Декодирование кодов БЧХ по формулам.

17. Декодирование кодов БЧХ по алгоритму Питерсона-

Горенштейна-Цирлера (ПГЦ).

18. Принцип построения кодов Рида-Соломона. Их отличие от кодов БЧХ.

19. Кодированная матрица кодов Рида-Соломона. Кодирование кодов Рида-Соломона.

20. Декодирование кодов Рида-Соломона.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Матвеев Б.В. Основы корректирующего кодирования: теория и лабораторный практикум: учебное пособие. Воронеж: ГОУВПО ВГТУ, 2011г.

2 Скляр, Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение [Текст]/ Б. Скляр. –М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 1104 с.

3 Золотарев, В.В. Помехоустойчивое кодирование: Методы и алгоритмы справочник [Текст] / В.В. Золотарев, Г.В. Овечкин, под ред . Б. Зубарева. – М.: Горячая линия-Телеком, 2004. – 126 с.

4 Морелос- Сарагоса, Р. Искусство помехоустойчивого кодирования, алгоритмы, применение [Текст]/ Р. Морелос-Сарагоса. – М.: Техносфера, 2006. – 320 с.

5 Андреев, Р.Н Теория электрической связи: курс лекций [Текст]/ Р.Н. Андреев, Р.П. Краснов, М.Ю. Чепелев. – М.: Горячая линия - Телеком, 2014. – 230 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Содержание дисциплины	3
2. Контрольные задания	5
3. Контрольные вопросы	14
Библиографический список	16

ОСНОВЫ КОРРЕКТИРУЮЩЕГО КОДИРОВАНИЯ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к самостоятельной работе
для студентов направления 11.03.01 «Радиотехника»
(профиль «Радиотехнические средства передачи, приема и
обработки сигналов») заочной формы обучения

Составитель
Краснов Роман Петрович

Компьютерный набор Р.П. Краснова

Подписано в печать 00.00.2022
Формат 60x84/16. Бумага для множительных аппаратов.
Усл. печ. л 1,1, Тираж экз. Заказ № 263

ФГОУ ВО «Воронежский государственный технический
университет»
394026, Воронеж, Московский просп., 14

Участок оперативной полиграфии издательства ВГТУ
394026, Воронеж, Московский просп., 14