

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учебно-методическое объединение по образованию
в области информатики и радиоэлектроники

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель Министра образования
Республики Беларусь

_____ А.Г.Баханович

Регистрационный № _____

ОСНОВЫ ТЕОРИИ КОДИРОВАНИЯ

**Примерная учебная программа по учебной дисциплине
для специальностей:**

**6-05-0611-02 Информационная безопасность,
6-05-0611-06 Системы и сети инфокоммуникаций**

СОГЛАСОВАНО

Председатель Учебно-методического
объединения по образованию в
области информатики и
радиоэлектроники

_____ В.А.Богуш

СОГЛАСОВАНО

Начальник Главного управления
профессионального образования
Министерства образования
Республики Беларусь

_____ С.Н.Пищов

СОГЛАСОВАНО

Проректор по научно-методической
работе Государственного учреждения
образования «Республиканский
институт высшей школы»

_____ И.В.Титович

Эксперт-нормоконтролер

СОСТАВИТЕЛИ:

В.Ю.Цветков, заведующий кафедрой инфокоммуникационных технологий учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», доктор технических наук, профессор;

С.Жэнь, доцент кафедры инфокоммуникационных технологий учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», кандидат технических наук;

А.В.Курилович, старший преподаватель кафедры инфокоммуникационных технологий учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Кафедра телекоммуникационных систем учреждения образования «Белорусская государственная академия связи» (протокол № 12 от 27.05.2025);

Д.А.Сикорский, заместитель генерального директора по научно-техническому развитию открытого акционерного общества «ПЕЛЕНГ», кандидат технических наук.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ В КАЧЕСТВЕ ПРИМЕРНОЙ:

Кафедрой инфокоммуникационных технологий учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» (протокол № 15 от 30.04.2025);

Научно-методическим советом учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» (протокол № ___ от _____);

Научно-методическим советом по системам и сетям инфокоммуникаций Учебно-методического объединения по образованию в области информатики и радиоэлектроники (протокол № 9 от 05.05.2025);

Научно-методическим советом по информационной безопасности Учебно-методического объединения по образованию в области информатики и радиоэлектроники (протокол № 12 от 02.06.2025)

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

ХАРАКТЕРИСТИКА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Примерная учебная программа по учебной дисциплине «Основы теории кодирования» разработана для студентов учреждений высшего образования, обучающихся по специальностям 6-05-0611-06 «Системы и сети инфокоммуникаций», 6-05-0611-02 «Информационная безопасность» в соответствии с требованиями образовательных стандартов общего высшего образования и примерных учебных планов вышеуказанных специальностей.

Учебная дисциплина «Основы теории кодирования» является одной из дисциплин, формирующих профессиональные компетенции инженера по инфокоммуникациям.

Воспитательное значение учебной дисциплины «Основы теории кодирования» заключается в формировании у обучающихся математической культуры и научного мировоззрения; развитии исследовательских умений, аналитических способностей, креативности, необходимых для решения научных и практических задач; развитии познавательных способностей и активности: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности; формировании способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации.

Изучение данной учебной дисциплины способствует созданию условий для формирования интеллектуально развитой личности обучающегося, которой присущи стремление к профессиональному совершенствованию, активному участию в экономической и социально-культурной жизни страны, гражданская ответственность и патриотизм.

ЦЕЛЬ, ЗАДАЧИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель учебной дисциплины: теоретическая и практическая подготовка по основным направлениям современной теории кодирования информации в инфокоммуникационных системах, предусматривающих использование помехоустойчивых и высокоскоростных методов и алгоритмов кодирования.

Задачи учебной дисциплины:

приобретение базовых знаний в области кодирования информации в различных режимах работы инфокоммуникационных сетей и устройств;

изучение принципов построения кодирующих и декодирующих устройств информации различного вида;

овладение методами решения задач обеспечения высокоскоростной, помехоустойчивой передачи информации по каналам инфокоммуникационных сетей и систем.

Базовыми учебными дисциплинами для учебной дисциплины «Основы теории кодирования» являются:

для специальности 6-05-0611-06 «Системы и сети инфокоммуникаций»
«Основы теории сигналов», «Основы цифровой схемотехники»;

для специальности 6-05-0611-02 «Информационная безопасность» -
«Теория электрических сигналов».

В свою очередь учебная дисциплина «Основы теории кодирования» является базой для таких учебных дисциплин компонента учреждения образования, как «Мультисервисные сети», «Системы и сети радиосвязи» для специальности 6-05-0611-06 «Системы и сети инфокоммуникаций» и «Системы видеонаблюдения», «Преобразователи информативных сигналов» для специальности 6-05-0611-02 «Информационная безопасность».

ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ОСВОЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате изучения учебной дисциплины «Основы теории кодирования» формируется следующая базовая профессиональная компетенция:
рассчитывать параметры помехоустойчивых кодов, разрабатывать схемы помехоустойчивых кодеров (*для специальности 6-05-0611-06 «Системы и сети инфокоммуникаций»*);

рассчитывать параметры помехоустойчивых кодов, разрабатывать схемы для их реализации в инфокоммуникациях (*для специальности 6-05-0611-02 «Информационная безопасность»*).

В результате изучения учебной дисциплины обучающийся должен:

знать:

место кодов в современных инфокоммуникационных сетях, системах и устройствах;

способы задания и обработки кодов.

уметь:

выбирать наиболее эффективный алгоритм кодирования, выполнять синтез кодера и декодера;

оценивать сложность реализации алгоритмов кодирования в современной элементной базе.

иметь навык:

моделирования алгоритмов кодирования на ЭВМ в средах общего и специализированного математического программного обеспечения (Mathematica, Logisim и др.).

Примерная учебная программа рассчитана на 114 учебных часов для специальности 6-05-0611-06 «Системы и сети инфокоммуникаций» и 108 учебных часов для специальности 6-05-0611-02 «Информационная безопасность», из них – 50 аудиторных. Примерное распределение аудиторных часов по видам занятий: лекции – 32 часа, практические занятия – 18 часов.

ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

Наименование раздела, темы	Всего аудиторных часов	Лекции	Практические занятия
Раздел 1. Помехоустойчивое кодирование с параллельной обработкой информации	38	22	16
Тема 1. Введение	2	2	
Тема 2. Коды Хэмминга	6	4	2
Тема 3. Мажоритарное декодирование	4	2	2
Тема 4. Коды Рида-Маллера	4	2	2
Тема 5. Кодирование методом посимвольного перемежения	4	2	2
Тема 6. Итеративное кодирование	4	2	2
Тема 7. Двоичное поле Галуа	4	2	2
Тема 8. Коды Рида-Соломона	6	4	2
Тема 9. Однородные коды	4	2	2
Раздел 2. Помехоустойчивое кодирование с последовательной обработкой информации	12	10	2
Тема 10. Циклические коды	4	4	
Тема 11. Коды Файра	2	2	
Тема 12. Коды Боуза-Чоудхури-Хоквингема (БЧХ)	2	2	
Тема 13. Вероятность ошибки на выходе декодера	4	2	2
Итого:	50	32	18

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1. ПОМЕХОУСТОЙЧИВОЕ КОДИРОВАНИЕ С ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Тема 1. ВВЕДЕНИЕ

Направления исследования помехоустойчивого кодирования. Области применения помехоустойчивого кодирования. Место кодера и декодера в тракте передачи данных. Модели каналов передачи данных. Метрики эффективности передачи данных.

Тема 2. КОДЫ ХЭММИНГА

Основные параметры кодов Хэмминга. Построение кодера. Построение модели канала с ошибками. Построение синдромного декодера.

Тема 3. МАЖОРИТАРНОЕ ДЕКОДИРОВАНИЕ

Построение систем уравнений с разделенными проверками. Построение систем уравнений с квазиразделенными проверками. Построение мажоритарного элемента в Logisim. Построение мажоритарного декодера Хэмминга на основе систем уравнений с квазиразделенными проверками.

Тема 4. КОДЫ РИДА-МАЛЛЕРА

Основные параметры кодов Рида-Маллера. Построение кодера. Построение мажоритарного декодера Рида-Маллера на основе систем уравнений с разделенными проверками.

Тема 5. КОДИРОВАНИЕ МЕТОДОМ ПОСИМВОЛЬНОГО ПЕРЕМЕЖЕНИЯ

Основные параметры кодера. Выбор перемежающегося кодера. Построение перемежителя и деперемежителя. Построение кодера. Построение декодера.

Тема 6. ИТЕРАТИВНОЕ КОДИРОВАНИЕ

Основные параметры итеративных кодов. Таблица кодирования. Построение кодера. Построение модели канала с ошибками. Построение декодера.

Тема 7. ДВОИЧНОЕ ПОЛЕ ГАЛУА

Характеристика поля Галуа. Порядок поля Галуа. Представление элементов поля Галуа в виде многочленов от x . Операции сложения и умножения элементов поля Галуа. Представление элементов поля Галуа в виде степеней примитивного элемента. Генератор элементов двоичного поля Галуа.

Тема 8. КОДЫ РИДА-СОЛОМОНА

Понятие модульной ошибки. Основные параметры кодов Рида-Соломона. Построение кодера. Построение модели канала с ошибками. Построение декодера с использованием постоянного запоминающего устройства (ПЗУ).

Тема 9. ОДНОРОДНЫЕ КОДЫ

Основные параметры однородных кодов. Построение проверочной матрицы. Нахождение порождающей матрицы путем нахождения нулевого пространства по модулю два к проверочной матрице, с использованием программы Wolfram Mathematica. Построение кодера. Построение декодера с использованием ПЗУ.

Раздел 2. ПОМЕХОУСТОЙЧИВОЕ КОДИРОВАНИЕ С ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Тема 10. ЦИКЛИЧЕСКИЕ КОДЫ

Основные параметры циклических кодов. Генераторный и проверочный многочлены. Построение кодера. Тактовый генератор. Систематическое и несистематическое кодирование циклических кодов. Построение модели канала с ошибками. Построение декодера.

Тема 11. КОДЫ ФАЙРА

Основные параметры кодов Файра. Генераторный и проверочный многочлены. Построение кодера. Построение декодера.

Тема 12. КОДЫ БОУЗА-ЧОУДХУРИ-ХОКВИНГЕМА (БЧХ)

Основные параметры кодов БЧХ. Порождающие многочлены кодов БЧХ. Построение порождающей и проверочной матриц кодов БЧХ. Декодирование кодов БЧХ.

Тема 13. ВЕРОЯТНОСТЬ ОШИБКИ НА ВЫХОДЕ ДЕКОДЕРА

Расчет вероятности правильного декодирования. Расчет вероятности ошибки на выходе декодера.

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

ЛИТЕРАТУРА ОСНОВНАЯ

1. Хмельков, А. Н. Помехоустойчивое кодирование в цифровых системах связи : учебное пособие для вузов / А. Н. Хмельков, В. А. Минеев ; под ред. А. М. Сомова. – Москва : Горячая линия-Телеком, 2024. – 359 с.
2. Кудряшов, Б. Д. Основы теории кодирования : учебное пособие / Б. Д. Кудряшов. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2016. – 400 с.
3. Конопелько, В. К. Формирование и обработка образов в помехоустойчивом кодировании и передаче изображений : монография / В. К. Конопелько, В. Ю. Цветков. – Минск : Бестпринт, 2015. – 248 с.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

4. Королев, А. И. Помехоустойчивое кодирование информации / А. И. Королев, Аль-алем Ахмед Саид, В. К. Конопелько. – Минск : Бестпринт, 2013. – 276 с.
5. Королев, А. И. Коды и устройства помехоустойчивого кодирования информации / А. И. Королев. – Минск : Бестпринт, 2007. – 373 с.
6. Иванюк, А. А. Специальные главы высшей математики: теория помехоустойчивого кодирования : практикум для студентов спец. 1-40 01 01 «Программное обеспечение информационных технологий» дневной и дистанционной форм обучения / А. А. Иванюк, С. Б. Мусин. – Минск : БГУИР, 2008. – 32 с.
7. Fujiwara, E. Code Desing for Dependable Systems. Theory and Practical Fpplications / E. Fujiwara. – New Jersey : John Wiley & Sons, 2006.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЩАЮЩИХСЯ

При изучении учебной дисциплины рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы:

работа с конспектом лекции: дополнение конспекта учебным материалом (учебника, учебного пособия, нормативных документов и материалом электронного ресурса);

изучение текста (учебника, учебного пособия, первоисточника, дополнительной литературы);

конспектирование текста (работа со справочниками, нормативными документами);

ответы на контрольные вопросы;

решение задач и упражнений по образцу;

подготовка к практическим занятиям;

подготовка рефератов по основным разделам учебной дисциплины с их устной защитой перед студенческой аудиторией.

ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМЫХ СРЕДСТВ ДИАГНОСТИКИ КОМПЕТЕНЦИЙ ОБУЩАЮЩИХСЯ

Примерным учебным планом по специальностям 6-05-0611-06 «Системы и сети инфокоммуникаций», 6-05-0611-02 «Информационная безопасность» в качестве формы промежуточной аттестации по учебной дисциплине «Основы теории кодирования» рекомендуется зачет. Оценка учебных достижений обучающихся производится по системе «зачтено/не зачтено».

Для текущего контроля по учебной дисциплине и диагностики компетенций могут использоваться следующие формы:

опрос на лекциях;

опрос при выполнении заданий на практических занятиях.

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ МЕТОДЫ (ТЕХНОЛОГИИ) ОБУЧЕНИЯ

Основные рекомендуемые методы (технологии) обучения, отвечающие целям и задачам учебной дисциплины:

мультимедийные технологии преподавания: повышают наглядность информации, что способствует более глубокому восприятию содержания;

традиционное обучение: способствует освоению фундаментальных законов и теорий учебной дисциплины;

использование обучающих программно-аппаратных комплексов.

ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

1. Синдромный код Хэмминга.
2. Мажоритарный код Хэмминга.
3. Мажоритарный код Рида-Маллера.
4. Синдромный код Рида-Соломона с использованием ПЗУ.
5. Итеративное кодирование.
6. Посимвольное перемежение.
7. Код однородного кода.
8. Расчет вероятности ошибки на выходе декодера.

ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ КОМПЬЮТЕРНЫХ ПРОГРАММ

(необходимого оборудования, наглядных пособий и др.)

1. Программное обеспечение для создания и моделирования цифровых логических схем Logisim v.2.7.1.
2. Программное обеспечение Wolfram Mathematica 12.2.0.
3. Компьютер с операционной системой Windows.