**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\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ |

Минск 2025

**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)

Ответственный за редакцию: С.С.Шишпаронок

**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 кодеков *(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 кодека. Выбор перемежающегося кодека. 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

1. Королев, А. И. Помехоустойчивое кодирование информации / А. И. Королев, Аль-алем Ахмед Саид, В. К. Конопелько. – Минск : Бестпринт, 2013. – 276 с.
2. Королев, А. И. Коды и устройства помехоустойчивого кодирования информации / А. И. Королев. – Минск : Бестпринт, 2007. – 373 с.
3. 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.
4. 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 кодек Хэмминга.
2. Мажоритарный кодек Хэмминга.
3. Мажоритарный кодек Рида-Маллера.
4. Синдромный кодек Рида-Соломона с использованием ПЗУ.
5. Итеративное кодирование.
6. Посимвольное перемежение.
7. Кодек 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.