

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова**

Кафедра алгебры и математической логики

УТВЕРЖДАЮ

Декан математического факультета



Нестеров П.Н.

20 июня 2023 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**Теория кодирования**

Направление подготовки (специальности)  
10.03.01 Информационная безопасность

Направленность (профиль)  
«Безопасность компьютерных систем (в сфере информационных технологий)»

Форма обучения очная

Программа рассмотрена  
на заседании кафедры  
от 18 апреля 2023 г., протокол № 8

Программа одобрена НМК  
математического факультета  
протокол № 9 от 3 мая 2023 г.

### 1. Цели освоения дисциплины.

Целями освоения дисциплины "Теория кодирования" являются: формирование математической культуры студента, фундаментальная подготовка по одному из основных разделов дискретной математики, овладение современным математическим аппаратом для дальнейшего использования при решении теоретических и прикладных задач.

### 2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата.

Дисциплина «Алгебраические методы в кодировании» является дисциплиной по выбору и относится к вариативной части Блока 1. (Б1.0.ДВ.03.01)

Для успешного изучения этой дисциплины необходимы знания и умения, приобретенные в результате освоения школьного курса математики, а также некоторых разделов из математического анализа и алгебры.

Теория кодирования относится к числу основных разделов современной прикладной математики. Знание основ теории кодирования является важной составляющей общей математической культуры выпускника. Эти знания необходимы как при проведении теоретических исследований в различных областях математики, так и при решении практических задач из разнообразных прикладных областей, таких как информатика, программирование, обработка и передача данных, криптография и др.

### 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОП бакалавриата

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих элементов компетенций в соответствии с ФГОС ВО, ОП ВО и приобретения следующих знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности:

| Формируемая компетенция<br>(код и формулировка)  | Индикатор достижения компетенции<br>(код и формулировка)   | Перечень планируемых результатов обучения   |
|--|--|---|
| <b>Универсальные компетенции</b>   |  |   |
| УК-1: Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач | ИД-УК-1_5 Способность осуществлять анализ с позиций алгебраического подхода, формализацию задач и на этой основе вырабатывать стратегию действий | <b>1. Знать:</b> Основные алгебраические модели и конструкции.<br><b>2. Уметь</b> решать системы линейных уравнений<br><b>3. Владеть</b> навыками вычислений в основных алгебраических системах   |
| <b>Общепрофессиональные компетенции</b>  |  |   |
| ОПК-3 Способен использовать необходимые математические методы для решения задач профессиональной деятельности;                       | ИД-ОПК-3_4 Способность разрабатывать и анализировать математические модели механизмов защиты информации  | <b>1. Знать:</b> Основные методы и формулировки результатов, использующихся в защите информации<br><b>2. Уметь</b> обосновывать алгоритмы защиты информации<br><b>3. Владеть</b> навыками быстрых вычислений в основных алгебраических системах |

#### 4. Объем, структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 акад. часов.

| №<br>п/п | Темы (разделы)<br>дисциплины,<br>их содержание | Семестр | Виды учебных занятий,<br>включая самостоятельную<br>работу студентов,<br>и их трудоемкость<br>(в академических часах) |              |              |              |                             |                           | Формы текущего<br>контроля<br>успеваемости<br><br>Форма<br>промежуточной<br>аттестации<br>(по семестрам) |
|----------|--|---------|---|--------------|--------------|--------------|-----------------------------|---------------------------|--|
|          |  |         | Контактная работа   |              |              |              |                             |                           |  |
|          |  |         | лекции  | практические | лабораторные | консультации | аттестационные<br>испытания | самостоятельная<br>работа |  |
| 1        | Введение.                                      | 4       | 2   | 1            |              |              |                             | 1                         |  |
| 2        | Основные понятия теории кодов.                 | 4       | 2   | 1            |              |              |                             | 4                         |  |
| 3        | Сжатие информации.                             | 4       | 2   | 1            |              |              |                             | 4.7                       | Задания для самостоятельной работы   |
| 4        | Алгебраические конструкции.                    | 4       | 2   | 1            |              | 1            |                             | 4                         | Задания для самостоятельной работы   |
| 5        | Основные матричные коды.                       | 4       | 2   | 1            |              | 1            |                             | 4                         | Задания для самостоятельной работы   |
| 6        | Поля Галуа.                                    | 4       | 2   | 1            |              | 1            |                             | 4                         | Контрольная работа 1   |
| 7        | Циклические коды.                              | 4       | 4   | 1            |              | 1            |                             | 4                         |  |
| 8        | Квадратично вычетные коды.                     | 4       | 2   | 1            |              |              |                             | 4                         |  |
| 9        | Схемная реализация циклических кодов.          | 4       | 2   | 1            |              | 1            |                             | 4                         |  |
| 10       | БЧХ-коды.                                      | 4       | 4   | 2            |              |              |                             | 4                         |  |
| 11       | Границы возможного.                            | 4       | 2   | 1            |              |              |                             | 4                         |  |
| 12       | Коды и обработка сигналов.                     | 4       | 2   | 1            |              |              |                             | 4                         |  |
| 13       | Рекурренты и коды.                             | 4       | 2   | 1            |              | 1            |                             | 4                         | Контрольная работа 2   |
| 14       | Квантовые коды.                                | 4       | 2   | 1            |              |              |                             | 4                         |  |
|          |  |         |   |              |              |              | 0,3                         |                           | зачет  |
|          | Всего  |         | 32  | 16           |              | 6            | 0,3                         | 53,7                      |  |

Содержание разделов дисциплины:

##### 1. Введение.

1.1. Предмет и методы современной прикладной алгебры. Взаимодействие «чистой» и «прикладной» математики. Некоторые модельные задачи.

## **2. Основные понятия теории кодов.**

2.1 Дискретный канал связи. Основные понятия теории кодов.

2.2. Простейшие двоичные коды. Недвоичное кодирование. Расстояние Хэмминга и расстояние Ли

## **3. Сжатие информации.**

3.1. Представление информации, сжатие и восстановление информации. Код Фано.

3.2. Префиксные коды. Неравенство Крафта.

3.3. Код Хаффмена. Методы сжатия информации.

## **4. Алгебраические конструкции.**

4.1 Необходимые алгебраические конструкции. Группы, кольца, поля, линейные векторные пространства, линейные операторы, тензорное произведение пространств и Кронекеровское произведение матриц

## **5. Основные матричные коды.**

5.1 Линейные блочные коды. Структура линейных кодов. Матричное описание. Стандартное расположение кода.

5.2 Коды Хэмминга. Совершенные и квазисовершенные коды. Простые преобразования линейного кода.

5.3 Коды Рида – Маллера.

## **6. Поля Галуа.**

6.1 Арифметика полей Галуа. Кольцо целых чисел. Конечные поля. Кольца многочленов и поля, основанные на кольцах многочленов. Примитивные элементы. Строение конечного поля.

## **7. Циклические коды.**

7.1. Циклические коды. Код с точки зрения расширения поля. Матричное описание циклических кодов.

7.2. Коды Хэмминга как циклические коды. Циклические коды, исправляющие пакеты ошибок.

## **8. Квадратично вычетные коды**

8.1. Двоичный код Голея. Квадратично вычетные коды.

## **9. Схемная реализация циклических кодов.**

9.1. Схемная реализация циклического кодирования. Логические цепи для арифметики конечного поля. Цифровые фильтры. Кодеры и декодеры на регистрах сдвига. Декодер Меггита. Вылавливание ошибок. Укороченные коды. Декодер для кода Голея.

## **10. БЧХ-коды**

10.1. БЧХ – коды. Определение БЧХ-кодов. Декодер Питерсона – Горенштейна – Цирлера.

10.2. Коды Рида – Соломона.

10.3. Декодирование двоичных БЧХ-кодов.

## **11. Границы возможного.**

11.1. Границы в теории кодирования. Граница Хэмминга, Граница Варшамова – Гильберта. Граница Плоткина.

11.2. Орбитные коды и коды на Евклидовой сфере.

## **12. Коды и обработка сигналов.**

13.1. Латинские квадраты и коды. Мажоритарное декодирование.

13.2. Матрицы Адамара и преобразования Адамара – Уолша в обработке сигналов

### **13. Рекурренты и коды.**

13.1 Линейные рекуррентные последовательности и разностные коды. Радар.

13.2. Псевдослучайные последовательности на регистрах сдвига.

13.3. Усложнение простых рекуррент.

### **14. Квантовые коды.**

14.1. Понятие о квантовых кодах. Аналоги кодов Рида – Маллера для квантового канала. Некоторые хорошие коды. Связь с алгебро-геометрическим подходом

## **5. Образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

В процессе обучения используются следующие образовательные технологии:

**Вводная лекция** -- дает первое целостное представление о предмете и ориентирует студента в системе обучения дисциплины. Студенты знакомятся с назначением и задачами курса, его ролью и местом в системе учебных дисциплин и в системе подготовки специалиста. Дается краткий обзор курса, история развития науки и практики, достижения в этой сфере, имена известных ученых, излагаются перспективные направления исследований. На этой лекции высказываются методические и организационные особенности работы в рамках курса, а также дается анализ рекомендуемой учебно-методической литературы.

**Академическая лекция** – последовательное изложение материала, осуществляемое преимущественно в виде монолога преподавателя. Требования к академической лекции: современный научный уровень и насыщенная информативность, убедительная аргументация, доступная и понятная речь, четкая структура и логика, наличие ярких примеров, научных доказательств, обоснований, фактов. В процессе лекции систематически создаются проблемные ситуации, когда студентам предлагается самостоятельно доказать то или иное математическое утверждение, являющееся фрагментом основной темы лекции.

**Инструктивная лекция** – проводится с целью организации последующей самостоятельной работы студентов по углублению, систематизации и обобщению материала данной дисциплины.

**Практическое занятие** – занятие, посвященное освоению конкретных умений и навыков и закреплению полученных на лекции знаний по предложенному алгоритму.

## **6. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

В процессе осуществления образовательного процесса используются:

- для формирования текстов материалов для промежуточной и текущей аттестации
- программы Microsoft Office и издательская система LaTeX;
- для поиска учебной литературы библиотеки ЯрГУ – Автоматизированная библиотечная информационная система «БУКИ-NEXT» (АБИС «Буки-Next»).

## **7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

### **а) основная литература**

1. Вернер М. Основы кодирования: учебник для вузов. / М. Вернер; пер. с нем. ; ИППИ РАН - М.: Техносфера, 2006. - 286 с. - 4 экз.

2. Березкин, Е. Ф. Основы теории информации и кодирования : учебное пособие / Е. Ф. Березкин. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 320 с. — ISBN 978-5-8114-3138-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/108326> (дата обращения: 29.01.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Казарин Л.С. Введение в теорию кодирования, сжатия и восстановления информации [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие / Л. С. Казарин, М. А. Заводчиков; Яросл. гос. ун-т им. П. Г. Демидова. - Ярославль: ЯрГУ, 2020. - 110 с.  
<http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20200206.pdf>

#### **б) дополнительная литература**

1. Методы сжатия информации [Электронный ресурс] : текст и изображение : метод. указания для студентов, обучающихся по направлению Фундаментальная информатика и информационные технологии / сост. М. В. Краснов ; Яросл. гос. ун-т, Ярославль, ЯрГУ, 2014, 54с. <http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20140407.pdf>
2. Сэломон, Д., Сжатие данных, изображений и звука : учеб. пособие для вузов / Д. Сэломон ; пер. с англ. В. В. Чепыжова ; ИППИ РАН, М., Техносфера, 2006, 365с
3. Чечёта, С. И., Введение в дискретную теорию информации и кодирования : учеб. пособие для вузов / С. И. Чечёта, М., Изд-во МЦНМО, 2011, 223с

#### **в) ресурсы сети «Интернет»**

1. 1. Электронная библиотека учебных материалов ЯрГУ
2. Электронная библиотека ЯрГУ: <http://www.lib.uniyar.ac.ru/>
3. <http://mech.math.msu.su/departments/>
4. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" (<http://www.edu.ru> раздел Учебно-методическая библиотека) или по прямой ссылке (<http://www.edu.ru/library>).
5. [http:// www.tc26.ru](http://www.tc26.ru)
6. [http:// www.nist.gov/manuscript-publication-search.cfm?pub\\_id=919061](http://www.nist.gov/manuscript-publication-search.cfm?pub_id=919061)
7. <http://habrahabr.ru/post/210684/>
8. [http://www.nist.gov/customcf/getpdf.cfm?pub\\_id=919061](http://www.nist.gov/customcf/getpdf.cfm?pub_id=919061)
9. <http://www.streebog.info/news/opredeleny-pobediteli-konkursa-po-issledovaniyu-khesh-funksii-stribog/>

#### **8. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине включает в свой состав специальные помещения:

- учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа и практических занятий (семинаров);
- учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций,
- учебные аудитории для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы;
- помещения для хранения и профилактического обслуживания технических средств обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

Число посадочных мест в лекционной аудитории больше либо равно списочному составу потока, а в аудитории для практических занятий (семинаров) – списочному составу группы обучающихся.

**Автор:**

Зав. кафедрой алгебры и математической логики, профессор

Л.С.Казарин

**Приложение №1 к рабочей программе дисциплины  
«Теория кодирования»**

**Фонд оценочных средств  
для проведения текущей и промежуточной аттестации студентов  
по дисциплине**

**1. Типовые контрольные задания или иные материалы,  
необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности,  
характеризующих этапы формирования компетенций**

**1.1 Контрольные задания и иные материалы,  
используемые в процессе текущей аттестации**

**Задания по теме №1 «Введение»**

Раздел 1.1. Упражнения из пособия Белоногова В.А.

**Задания по теме №2. Основные понятия теории кодов.**

Раздел 2.1 Пособие Упражнения из пособия Белоногова В.А.

Раздел 2.2. Пособие Упражнения из пособия Белоногова В.А.

**Задания по теме №3 . Сжатие информации.**

Разделы 3.1.- 3.3. Пособие Белоногова В.А., книга Вернера М.

**Задания по теме №4. Алгебраические конструкции.**

Раздел 4.1 Пособие Белоногова В.А., книга Вернера М.

**Задания по теме №5. Основные матричные коды.**

Разделы 5.1 – 5.3 Пособие Белоногова В.А., книга Вернера М.

**Задания по теме №6. Поля Галуа.**

Раздел 6.1 Пособие Белоногова В.А., книга Вернера М.

**Задания по теме №7. Циклические коды.**

Разделы 7.1. – 7.2. Пособие Белоногова В.А., книга Вернера М..

**Задания по теме №8. Квадратично вычетные коды**

Раздел 8.1. Пособие Белоногова В.А., книга Вернера М.

**Задания по теме №9. Пособие Белоногова В.А., книга Вернера М.**

**Задания по теме №10. БЧХ-коды**

Разделы 10.1.- 10.3 Пособие Белоногова В.А., книга Вернера М.

**Задания по теме №11. 11. Продвинутое алгоритмы кодирования**

Разделы 11.1 – 11.3 Пособие Белоногова В.А., книга Вернера М.

**Задания по теме №12. Границы возможного**

Раздел 12.1. Пособие Белоногова В.А., книга Вернера М.

**Задания по теме №13. Границы возможного**

Разделы 13.1 -13.2. Пособие Белоногова В.А., книга Вернера М., пособие Казарина Л.С.

**Задания по теме №14. Рекурренты и коды.**

Разделы 14.1 Пособие Белоногова В.А.

**Контрольная работа № 1 (один из вариантов)**



1. Разложить двоичный многочлен на множители.
2. Дана проверочная матрица линейного кода. Найти кодирующую матрицу.
3. Существует ли квадратично-вычетный код длины 2011?
4. Найти порождающий многочлен кода Рида-Соломона, исправляющего 2 ошибки, основываясь на поле  $GF(16)$ .
5. Телеграмма на русском языке содержит не более 100 букв. Требуется построить код, исправляющий 5 ошибок
6. Найти порождающий многочлен  $(63,55)$  -кода над  $GF(8)$ .
7. Пусть  $(1, 1, 0, 1, 0, 1, 1)$  и  $(1,1, 0,0, 1,1,1, 1)$  – искаженные слова расширенных (по-разному) кодов Хэмминга. Какое из этих слов содержит одиночную ошибку? Исправить.

### **Контрольная работа № 2 (один из вариантов)**

1. Сколько существует неприводимых многочленов степени 4 над полем из 3 элементов?
2. Какова должна быть вероятность  $q$  ошибки при передаче по двоичному симметричному каналу блока из 8 символов, чтобы не менее половины из них была принята правильно с вероятностью не менее 0.99?
3. Для кода Рида – Маллера первого порядка исправить или обнаружить ошибки в заданных преподавателем словах.
4. Как определяются энтропия и избыточность языка?
5. Написать программу вычисления НОД двух многочленов над полем из 3 элементов..
6. Найти преобразование Фурье последовательности из 16 элементов в конечном поле.
7. Построить декодер для кода с перемежением, позволяющий исправлять все пакеты длины 2.

## 1.2 Список вопросов и (или) заданий для проведения промежуточной аттестации

### Вопросы к зачету

- Дискретный канал связи. Основная модель теории кодирования, контролирующего ошибки. Основные понятия теории кодов. Простейшие двоичные коды. Недвоичное кодирование.
- Информация одного события. Энтропия и избыточность. Дискретный канал связи без памяти.
- Теорема кодирования источников. Префиксные коды. Неравенства Крафта и Мак-Миллана.
- Код Фано. Коды Хаффмана.
- Энтропия связанных источников. Взаимная и условная информация.
- Совместная и условная энтропия. Примеры вычислений.
- Теорема кодирования стационарного дискретного источника с памятью.
- Энтропия стационарного марковского источника. Кодирование стационарных марковских источников.
- Передача информации по дискретному симметричному каналу. Пропускная способность канала.
- Пропускная способность двоичного симметричного канала со стираниями. Теорема кодирования Шеннона. Непрерывные источники и каналы.
- Структура линейных блочных кодов. Матричное описание линейных блочных кодов.
- Стандартное расположение. Коды Хэмминга. Совершенные и квазисовершенные коды.
- Простые преобразования линейного кода. Коды Рида – Маллера.
- Код с точки зрения расширения поля. Полиномиальное описание циклических кодов. Матричное описание циклических кодов.
- Коды Хэмминга как циклические коды.
- Циклические коды, исправляющие две ошибки.
- Циклические коды, исправляющие пакеты ошибок. Двоичный код Голея.
- Логические цепи для арифметики конечного поля. Цифровые фильтры. Кодеры и декодеры на регистрах сдвига.
- Декодер Меггита. Вылавливание ошибок.
- Укороченные циклические коды. Декодер для кода Голея.
- Определение БЧХ-кодов. Декодер Питерсона – Горенштейна – Цирлера.
- Коды Рида – Соломона.
- Декодирование двоичных БЧХ-кодов.
- Границы в теории кодов.
- Латинские квадраты и коды. Мажоритарное декодирование.
- Матрицы Адамара.
- Линейные рекуррентные последовательности и радар.
- Орбитные коды и коды на Евклидовой сфере.
- Понятие о квантовых кодах и квантовых вычислениях

### Некоторые дополнительные задания для экзамена

- 1 Сжать методом Хаффмана алфавит из 6 символов с вероятностями 1/10, 2/10, 3/10, 5/100, 5/100, 3/10.

- 2 Закодировать сообщение «СТУДЕНТ МАТФАКА», используя алгоритмы LZ77, LZ78, LZSS и LZW. Вычислить длины в битах полученных кодов при ограничениях на размер словаря и величину буфера.
- 3 Сжать с помощью арифметического кодирования строку «Жираф – длинношеее животное».
- 4 Дан марковский источник первого порядка с графом состояний из двух связанных вершин A и B, причем переходные вероятности  $p(A|A)=0.9$ ,  $p(B|B)=0.7$ ,  $p(B|A)=0.1$  и  $p(A|B)=0.3$ . Найти стационарное распределение вероятностей и энтропию источника.
- 5 Написать схему декодера, для кода, исправляющего 2 ошибки.
- 6 Предложить схему рекуррентной последовательности, имеющей период не менее 1000.

## **2. Перечень компетенций, этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкалы оценивания**

### **2.1 Шкала оценивания сформированности компетенций и ее описание**

Оценивание уровня сформированности компетенций в процессе освоения дисциплины осуществляется по следующей трехуровневой шкале:

**Пороговый уровень** - предполагает отражение тех ожидаемых результатов, которые определяют минимальный набор знаний и (или) умений и (или) навыков, полученных студентом в результате освоения дисциплины. Пороговый уровень является обязательным уровнем для студента к моменту завершения им освоения данной дисциплины.

**Продвинутый уровень** - предполагает способность студента использовать знания, умения, навыки и (или) опыт деятельности, полученные при освоении дисциплины, для решения профессиональных задач. Продвинутый уровень превосходит пороговый уровень по нескольким существенным признакам.

**Высокий уровень** - предполагает способность студента использовать потенциал интегрированных знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, полученных при освоении дисциплины, для творческого решения профессиональных задач и самостоятельного поиска новых подходов в их решении путем комбинирования и использования известных способов решения применительно к конкретным условиям. Высокий уровень превосходит пороговый уровень по всем существенным признакам.

## **3. Методические рекомендации преподавателю по процедуре оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Целью процедуры оценивания является определение степени овладения студентом ожидаемыми результатами обучения (знаниями, умениями, навыками и (или) опытом деятельности).

Процедура оценивания степени овладения студентом ожидаемыми результатами обучения осуществляется с помощью методических материалов, представленных в разделе «Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций»

### 3.1 Критерии оценивания степени овладения знаниями, умениями, навыками и (или) опытом деятельности, определяющие уровни сформированности компетенций

#### Пороговый уровень (общие характеристики):

- владение основным объемом знаний по программе дисциплины;
- знание основной терминологии данной области знаний, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы без существенных ошибок;
- **владение** инструментарием дисциплины, умение его использовать в решении стандартных (типовых) задач;
- **способность самостоятельно** применять типовые решения в рамках рабочей программы дисциплины;
- **усвоение основной** литературы, рекомендованной рабочей программой дисциплины;
- **знание** базовых теорий, концепций и направлений по изучаемой дисциплине;
- **самостоятельная работа** на практических и лабораторных занятиях, периодическое участие в групповых обсуждениях, **достаточный уровень культуры** исполнения заданий.

#### Продвинутый уровень (общие характеристики):

- **достаточно** полные и систематизированные знания в объеме программы дисциплины;
- использование основной терминологии данной области знаний, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать выводы;
- **владение** инструментарием дисциплины, умение его использовать в решении учебных и профессиональных задач;
- **способность** самостоятельно решать сложные задачи (проблемы) в рамках рабочей программы дисциплины;
- **усвоение основной и дополнительной** литературы, рекомендованной рабочей программой дисциплины;
- **умение ориентироваться в базовых** теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им сравнительную оценку;
- **самостоятельная работа** на практических и лабораторных занятиях, участие в групповых обсуждениях, **высокий уровень культуры** исполнения заданий.

#### Высокий уровень (общие характеристики):

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам дисциплины;
- точное использование терминологии данной области знаний, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать **обоснованные** выводы;
- **безупречное владение** инструментарием дисциплины, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- **способность** самостоятельно и творчески решать сложные задачи (проблемы) в рамках рабочей программы дисциплины;
- **полное и глубокое усвоение основной и дополнительной** литературы, рекомендованной рабочей программой дисциплины;
- **умение ориентироваться в основных** теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им критическую оценку;
- **активная самостоятельная работа** на практических и лабораторных занятиях, творческое участие в групповых обсуждениях, **высокий уровень культуры** исполнения заданий.

### 3.2 Описание процедуры выставления оценки

В зависимости от уровня сформированности каждой компетенции по окончании освоения дисциплины студенту выставляется оценка. Для дисциплин, изучаемых в течение нескольких семестров, оценка может выставляться не только по окончании ее освоения, но и в промежуточных семестрах. Вид оценки («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно», «зачтено», «незачтено») определяется рабочей программой дисциплины в соответствии с учебным планом.

Оценка «отлично» выставляется студенту, у которого каждая компетенция (полностью или частично формируемая данной дисциплиной) сформирована на высоком уровне.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, у которого каждая компетенция (полностью или частично формируемая данной дисциплиной) сформирована не ниже, чем на продвинутом уровне.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, у которого каждая компетенция (полностью или частично формируемая данной дисциплиной) сформирована не ниже, чем на пороговом уровне.

**Оценка «неудовлетворительно»** выставляется студенту, у которого хотя бы одна компетенция (полностью или частично формируемая данной дисциплиной) сформирована ниже, чем на пороговом уровне.

Оценка «зачет» выставляется студенту, у которого каждая компетенция (полностью или частично формируемая данной дисциплиной) сформирована не ниже, чем на пороговом уровне.

**Оценка «незачтено»** выставляется студенту, у которого хотя бы одна компетенция (полностью или частично формируемая данной дисциплиной) сформирована ниже, чем на пороговом уровне.

### **Методические указания для студентов по освоению дисциплины**

Основной формой изложения учебного материала по дисциплине «Теория кодирования» являются лекции и практические занятия, причем в достаточно большом объеме. Это связано с тем, что теория кодирования представляет собой особый математический аппарат, важную роль в котором играет алгебра, с помощью которого математика решает довольно сложные и нетривиальные задачи. По всем темам предусмотрены практические занятия, на которых происходит закрепление лекционного материала путем применения его к конкретным задачам и отработка навыков работы с математическим аппаратом теории кодирования и сжатия информации.

Особенность дисциплины состоит в ее существенно более абстрактный характер по сравнению с другими дисциплинами и явно выраженный прикладной аспект. Для успешного освоения дисциплины очень важно решение достаточно большого количества задач, как в аудитории, так и самостоятельно в качестве домашних заданий. Примеры решения задач разбираются на лекциях и практических занятиях, при необходимости по наиболее трудным темам проводятся дополнительные консультации. В течение всего обучения на лекциях предлагаются нестандартные задачи, решая которые студент может повысить свой уровень освоения теоретического материала. Основная цель решения задач – помочь усвоить фундаментальные понятия и основы теории. Для решения всех задач необходимо знать и понимать лекционный материал. Поэтому в процессе изучения дисциплины рекомендуется регулярное повторение пройденного лекционного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо дома еще раз прорабатывать и при необходимости дополнять информацией, полученной на консультациях, практических занятиях или из учебной литературы.

Большое внимание должно быть уделено выполнению домашней работы. В качестве заданий для самостоятельной работы дома студентам предлагаются задачи, аналогичные разобранным на лекциях и практических занятиях или немного более сложные, которые являются результатом объединения нескольких базовых задач.

Для проверки и контроля усвоения теоретического материала, приобретенных практических навыков работы с аппаратом алгебры в течение обучения проводятся мероприятия текущей аттестации в виде 2 контрольных и 2 самостоятельных работ. Также проводятся консультации (при необходимости) по разбору заданий для самостоятельной работы, которые вызвали затруднения.

В конце изучения дисциплины студенты сдают экзамен. Оценка выставляется по итогам тестирования и краткого собеседования по его результатам. Экзамен принимается по экзаменационным билетам, каждый из которых включает в себя теоретический вопрос и задачу. На самостоятельную подготовку к экзамену выделяется 3 дня, во время подготовки к экзамену предусмотрена групповая консультация.

Освоить вопросы, излагаемые в процессе изучения дисциплины «Теория кодирования» самостоятельно студенту крайне сложно. Это связано со сложностью и абстрактностью изучаемого материала и большим объемом курса. Поэтому посещение всех аудиторных занятий является совершенно необходимым. Без упорных и регулярных занятий в течение семестра сдать зачет и экзамен по итогам изучения дисциплины в каждом семестре студенту практически невозможно.

## **Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов по дисциплине**

Для самостоятельной работы особенно рекомендуется использовать учебную литературу, с подробно разобранными решениями задач. К таким можно отнести следующие издания:

### **а) основная литература**

1. Вернер М. Основы кодирования. М: Техносфера, 2006, 286 с.
2. Белоногов В.А. Теория кодирования: учебное пособие/ В.А. Белоногов. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2009, 162 с.
3. Казарин Л.С. Введение в теорию кодирования, сжатия и восстановления информации: учебно-методическое пособие / Л. С. Казарин, М.А. Заводчиков; Яросл. гос. ун-т им. П. Г. Демидова. – Ярославль : ЯрГУ, 2020. – 110с.

### **б) дополнительная литература**

1. Морелос – Сарагоса М. Искусство помехоустойчивого кодирования: методы, алгоритмы, применение. М: Техносфера, 2006. – 319 с.
2. . Сэломон Д. Сжатие данных, изображений и звука, М.: Техносфера, 2006, 365 с.

Также для подбора учебной литературы рекомендуется использовать широкий спектр интернет-ресурсов:

**2. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online»** ([www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru)) - электронная библиотека, обеспечивающая доступ к наиболее востребованным материалам-первоисточникам, учебной, научной и художественной литературе ведущих издательств (\*регистрация в электронной библиотеке – только в сети университета. После регистрации работа с системой возможна с любой точки доступа в Internet.).

**3. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"** (<http://window.edu.ru/library>).

Целью создания информационной системы "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" (ИС "Единое окно ") является обеспечение свободного доступа к интегральному каталогу образовательных интернет-ресурсов и к электронной библиотеке учебно-методических материалов для общего и профессионального образования.

Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" создана по заказу Федерального агентства по образованию в 2005-2008 гг. Главной разработчик проекта - Федеральное государственное автономное учреждение Государственный научно-исследовательский институт информационных технологий и телекоммуникаций (ФГАУ ГНИИ ИТТ "Информика") [www.informika.ru](http://www.informika.ru).

ИС "Единое окно" объединяет в единое информационное пространство электронные ресурсы свободного доступа для всех уровней образования в России. Разделы этой системы:

**-Электронная библиотека** – является крупнейшим в российском сегменте Интернета хранилищем полнотекстовых версий учебных, учебно-методических и научных материалов с открытым доступом. Библиотека содержит более 30 000 материалов, источниками которых являются более трехсот российских вузов и других образовательных и научных учреждений. Основу наполнения библиотеки составляют электронные версии учебно-методических материалов, подготовленные в вузах, прошедшие рецензирование и рекомендованные к использованию советами факультетов, учебно-методическими комиссиями и другими вузовскими структурами, осуществляющими контроль учебно-методической деятельности.

**-Интегральный каталог образовательных интернет-ресурсов** содержит представленные в стандартизированной форме метаданные внешних ресурсов, а также содержит описания полнотекстовых публикаций электронной библиотеки. Общий объем каталога превышает 56 000 метаописаний (из них около 25 000 - внешние ресурсы). Расширенный поиск в "Каталоге" осуществляется по названию, автору, аннотации, ключевым словам с возможной фильтрацией по тематике, предмету, типу материала, уровню образования и аудитории.

**-Библиотеки вузов.** Раздел содержит подборки сайтов вузовских библиотек, электронных каталогов библиотек вузов и полнотекстовых электронных библиотек вузов.

Для самостоятельного подбора литературы в библиотеке ЯрГУ рекомендуется использовать:

**1. Личный кабинет** ([http://lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_login.php](http://lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_login.php)) дает возможность получения on-line доступа к списку выданной в автоматизированном режиме литературы, просмотра и копирования электронных версий изданий сотрудников университета (учеб. и метод. пособия, тексты лекций и т.д.) Для работы в «Личном кабинете» необходимо зайти на сайт Научной библиотеки ЯрГУ с любой точки, имеющей доступ в Internet, в пункт меню «Электронный каталог»; пройти процедуру авторизации, выбрав вкладку «Авторизация», и заполнить представленные поля информации.

**2. Электронная библиотека учебных материалов ЯрГУ** ([http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_find.php](http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php)) содержит более 2500 полных текстов учебных и учебно-методических материалов по основным изучаемым дисциплинам, изданных в университете. Доступ в сети университета, либо по логину/пароллю.

**3. Электронная картотека «Книгообеспеченность»** ([http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_bookreq\\_find.php](http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_bookreq_find.php)) раскрывает учебный фонд научной библиотеки ЯрГУ, предоставляет оперативную информацию о состоянии книгообеспеченности дисциплин основной и дополнительной литературой, а также цикла дисциплин и специальностей. Электронная картотека «Книгообеспеченность» доступна в сети университета и через Личный кабинет.