

**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, сжатия и восстановления информации**

Направление подготовки (специальности)  
10.05.01 Компьютерная безопасность

Направленность (профиль)  
«Математические методы защиты информации»

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

Целью освоения дисциплины «Теория кодирования сжатия и восстановления информации» является обеспечение фундаментальной подготовки в одной из основных областей современной прикладной математики, освоение языка и методов раздела математики, лежащего в основе большей части теории кодирования, передачи, защиты и хранения информации, имеющего применение во многих областях новейшей вычислительной техники, ознакомление с историей развития теории кодирования и вкладом в неё российских математиков.

Основная задача дисциплины – научить студентов пониманию языка конечной алгебры и теории информации, воспитанию культуры вычислений с помощью матричной алгебры, умениям применять аппарат линейной алгебры и теории групп в различных контекстах, в частности, в полях положительной характеристики, применению основных алгоритмов сжатия и восстановления информации

## 2. Место дисциплины в структуре ООП специалитета

Дисциплина относится к обязательной части образовательной программы (Б1.0.47) и имеет разносторонние связи со всеми специальными и основными математическими дисциплинами. Полученные при её изучении знания используются в различных специальных курсах, где она зачастую выступает в качестве основы курса. Основные математические дисциплины, связанные с указанной, таковы:

1. Теория кодирования и её связь с задачами защиты информации.
2. Быстрые вычисления.
3. Теория автоматов.
4. Алгебраические основы криптографии

## 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ООП специалитета

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВПО по данному направлению:

| Формируемая компетенция<br>(код и формулировка)  | Индикатор достижения компетенции<br>(код и формулировка)  | Перечень планируемых результатов обучения  |
|--|---|--|
| <b>Общепрофессиональные компетенции</b>  |   |  |
| <b>ОПК-2</b><br>Способен применять программные средства системного и прикладного назначений, в том числе отечественного производства, для решения задач профессиональной деятельности; | И-ОПК-2_1 Выбирает информационные технологии и программные средства, в том числе отечественного производства, для решения задач профессиональной деятельности | <b>1. Знать:</b><br>Основные алгебраические модели и конструкции.<br><b>2. Уметь</b><br>применять программные средства для решения профессиональных задач<br><b>3. Владеть</b><br>навыками вычислений в основных алгебраических системах |

|   |  |  |
|---|--|--|
| ОПК-3<br>Способен на основании совокупности математических методов разрабатывать, обосновывать и реализовывать процедуры решения задач профессиональной деятельности; | И-ОПК-3.4<br>знает основные понятия, результаты и методы современной математики и сценарии их применения в задачах профессиональной деятельности | <b>1. Знать:</b><br>Основные методы и формулировки результатов, использующихся в защите информации<br><b>2. Уметь</b><br>анализировать и обосновывать алгоритмы защиты информации<br><b>3. Владеть</b><br>навыками быстрых вычислений в основных алгебраических системах |
|---|--|--|

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц, 252 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. Предмет и методы современной прикладной алгебры. Некоторые проблемы. Краткий исторический очерк. Место прикладной алгебры в системе математического знания и взаимодействие «чистой» и «прикладной» математики. Алгебра и алгоритмика | 5       | 2   | 1            |              |              |                             | 6  |                           |
| 2        | <b>Основная проблема теории кодирования.</b> Дискретный канал связи. История кодирования, контролирующего   | 5       | 4   | 2            |              |              |                             | 6  | Проверка домашних заданий |

|    |  |   |   |   |  |   |  |   |                           |
|----|--|---|---|---|--|---|--|---|---------------------------|
|    | ошибки. Основные понятия теории кодов. Простейшие двоичные коды. Недвоичное кодирование  |   |   |   |  |   |  |   |                           |
| 3. | <b>Дискретные каналы без памяти и передача информации.</b> Передача информации по дискретному симметричному каналу. Пропускная способность канала. Пропускная способность двоичного симметричного канала со стираниями. Теорема кодирования Шеннона. Непрерывные источники и каналы. | 5 | 4 | 2 |  |   |  | 6 | Контрольный опрос         |
| 4. | <b>Линейные блочные коды.</b> Структура линейных блочных кодов. Матричное описание линейных блочных кодов. Стандартное расположение. Коды Хэмминга. Совершенные и квазисовершенные коды. Простые преобразования линейного кода. Коды Рида – Маллера                                  | 5 | 4 | 2 |  | 1 |  | 6 |                           |
| 5. | <b>Циклические коды.</b> Код с точки зрения расширения поля. Полиномиальное описание циклических кодов. Матричное описание циклических кодов. Коды Хэмминга как циклические коды. Циклические коды, исправляющие две ошибки  | 5 | 4 | 2 |  | 1 |  | 6 |                           |
| 6. | <b>Схемная реализация циклического кодирования.</b> Логические цепи для арифметики конечного поля. Цифровые фильтры. Кодеры и  | 5 | 4 | 2 |  | 2 |  | 6 | Проверка домашних заданий |

|    |   |   |           |           |  |          |            |             |       |
|----|---|---|-----------|-----------|--|----------|------------|-------------|-------|
|    | декодеры на регистрах сдвига. Декодер Меггита. Вылавливание ошибок. Укороченные циклические коды. Декодер для кода Голея  |   |           |           |  |          |            |             |       |
| 7. | <b>. БЧХ-коды.</b><br>Определение БЧХ-кодов. Декодер Питерсона – Горенштейна –Цирлера. Коды Рида – Соломона. Декодирование двоичных БЧХ-кодов.  | 5 | 6         | 3         |  |          |            | 6           |       |
| 8. | <b>. Другие подходы к кодированию.</b><br>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 | 5 | 4         | 2         |  | 1        |            | 6           |       |
|    |   |   |           |           |  |          | 0.3        | 8.7         | Зачет |
|    | <b>Всего 108 час.</b>   |   | <b>32</b> | <b>16</b> |  | <b>5</b> | <b>0.3</b> | <b>54.7</b> |       |
| 9  | <b>Информация, энтропия и избыточность.</b><br>Информация одного события. Энтропия и избыточность. Дискретный канал связи без памяти.   | 6 | 2         | 1         |  | 1        |            | 7           |       |
| 10 | <b>Кодирование для дискретных источников без памяти.</b><br>Теорема кодирования источников. Префиксные коды. Неравенства Крафта и Мак-Миллана.  | 6 | 4         | 2         |  |          |            | 8           |       |
| 11 | <b>Энтропия связанных источников.</b> Взаимная и условная информация. Совместная и условная энтропия  | 6 | 2         | 1         |  | 1        |            | 8           |       |
| 12 | <b>Стационарные дискретные источники с памятью.</b>   | 6 | 2         | 1         |  |          |            | 8           |       |

|     |   |   |           |           |  |           |            |              |                    |
|-----|---|---|-----------|-----------|--|-----------|------------|--------------|--------------------|
|     | Теорема кодирования стационарного дискретного источника с памятью. Конечные цепи Маркова. Конечные дискретные марковские источники с заданной памятью. Энтропия стационарного марковского источника. Кодирование стационарных марковских источников |   |           |           |  |           |            |              |                    |
| 13  | <b>Сжатие данных.</b> Методы сжатия данных. Алгоритм Шеннона-Фэно. Код Хаффмана.  | 6 | 6         | 3         |  | 1         | 0.5        | 8            |                    |
| 14. | Арифметическое кодирование. Кодирование Лемпеля-Зива. Алгоритм LZ77. Алгоритм LZSS. Алгоритм LZ78. Алгоритм LZW   | 6 | 8         | 4         |  | 1         |            | 8            | Контрольная работа |
| 15  | Адаптивное арифметическое кодирование. Словарные методы сжатия информации. Алгоритм RLE   | 6 | 8         | 4         |  | 1         |            | 8            |                    |
|     |   |   |           |           |  | 2         | 0.5        | 33.5         | экзамен            |
|     | <b>Всего 144 час.</b>   |   | <b>32</b> | <b>16</b> |  | <b>7</b>  | <b>0.5</b> | <b>88.5</b>  | <b>экзамен</b>     |
|     | <b>Итого 252 час</b>  |   | <b>64</b> | <b>32</b> |  | <b>12</b> | <b>0.8</b> | <b>143.2</b> |                    |

#### 4. Содержание разделов дисциплины

1. Введение. Предмет и методы современной прикладной алгебры. Некоторые проблемы. Краткий исторический очерк. Место прикладной алгебры в системе математического знания и взаимодействие «чистой» и «прикладной» математики. Алгебра и алгоритмика.

2. **Основная проблема теории кодирования.** Дискретный канал связи. История кодирования, контролирующего ошибки. Основные понятия теории кодов. Простейшие двоичные коды. Недвоичное кодирование.

3. **Дискретные каналы без памяти и передача информации.** Передача информации по дискретному симметричному каналу. Пропускная способность канала. Пропускная способность двоичного симметричного канала со стираниями. Теорема кодирования Шеннона. Непрерывные источники и каналы.

4. **Линейные блочные коды.** Структура линейных блочных кодов. Матричное описание линейных блочных кодов. Стандартное расположение. Коды Хэмминга. Совершенные и квазисовершенные коды. Простые преобразования линейного кода. Коды Рида – Маллера.

**5. Циклические коды.** Код с точки зрения расширения поля. Полиномиальное описание циклических кодов. Матричное описание циклических кодов. Коды Хэмминга как циклические коды. Циклические коды, исправляющие две ошибки.

**6. Схемная реализация циклического кодирования.**

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.

**7. БЧХ-коды.** Определение БЧХ-кодов. Декодер Питерсона – Горенштейна –Цирлера. Коды Рида – Соломона. Декодирование двоичных БЧХ-кодов.

**8. Другие подходы к кодированию.**

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.

**9. Информация, энтропия и избыточность.** Информация одного события. Энтропия и избыточность. Дискретный канал связи без памяти.

**10. Кодирование для дискретных источников без памяти.** Теорема кодирования источников. Префиксные коды. Неравенства Крафта и Мак-Миллана.

**11. Энтропия связанных источников.** Взаимная и условная информация. Совместная и условная энтропия.

**12. Стационарные дискретные источники с памятью.**

Теорема кодирования стационарного дискретного источника с памятью. Конечные цепи Маркова. Конечные дискретные марковские источники с заданной памятью. Энтропия стационарного марковского источника. Кодирование стационарных марковских источников.

**13. Сжатие данных.**

Методы сжатия данных. Алгоритм Шеннона-Фэно. Код Хаффмана.

**14. Арифметическое кодирование.** Кодирование Лемпеля-Зива. Алгоритм LZ77. Алгоритм LZSS. Алгоритм LZ78. Алгоритм LZW

**15. Адаптивное арифметическое кодирование.**

Словарные методы сжатия информации. Алгоритм RLE

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

**Академическая лекция** (или лекция общего курса) – 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.

Академическая лекция, как правило, состоит из трех частей: вступления (введения), изложения и заключения:

- *вступление* (введение) определяет тему, план и цель лекции. Оно призвано заинтересовать и настроить аудиторию, сообщить, в чём заключается предмет лекции и (или) её актуальность, основная идея (проблема, центральный вопрос), связь с предыдущими и последующими занятиями, поставить её основные вопросы. Введение должно быть кратким и целенаправленным.

- *изложение* является основной частью лекции, в которой реализуется научное содержание темы, ставятся все узловые вопросы, приводится вся система доказательств с

использованием наиболее целесообразных методических приемов. Каждое теоретическое положение должно быть обосновано и доказано, приводимые формулировки и определения должны быть четкими, насыщенными глубоким содержанием.

- *заключение* обобщает в кратких формулировках основные идеи лекции, логически ее завершая. В заключении могут даваться рекомендации о порядке дальнейшего изучения основных вопросов лекции самостоятельно по указанной литературе.

**Вводная лекция** — дает первое целостное представление о дисциплине (или ее разделе) и ориентирует студента в системе изучения данной 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.

**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 программа Microsoft Office, издательская система La Tex (Ams Tex);
- для поиска учебной литературы библиотеки ЯрГУ -- Автоматизированная библиотечная информационная система "БУКИ - NEXТ" (АБИС "БУКИ - NEXТ""БУКИ - NEXТ").

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

### **а) основная литература**

1. Вернер М. Основы кодирования. М: Техносфера, 2006, 286 с.
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.uniyl.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. Электронная библиотека учебных материалов ЯрГУ
2. Электронная библиотека ЯрГУ: <http://www.lib.uniyar.ac.ru/>
3. <http://mech.math.msu.su/department/>
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-publicftion-search.cfm?pub\\_id=919061](http://www.nist.gov/manuscript-publicftion-search.cfm?pub_id=919061)
7. <http://habrahabr.ru/post/210684/>
8. [http://www.nist.gov/customcf/get\\_pdf.cfm?pub\\_id=919061](http://www.nist.gov/customcf/get_pdf.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(ы) : \_зав. кафедрой алгебры и математической логики ЯрГУ, д-ф.м.н, профессор Казарин Л.С.

**Приложение №1 к рабочей программе**  
**«Теория кодирования, сжатия и восстановления информации»**

**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**

**Задание по теме Основная проблема теории кодирования.**

По книге Вернер М. Основы кодирования.

По книге Березкин Е.Ф.. Основы теории кодирования

**Задание по теме Информация, энтропия и избыточность.**

По книге Вернер М.В. Основы кодирования, глава 2, глава 4.

По книге Березкин Е.Ф.. Основы теории кодирования, глава 1

**Задание по теме Кодирование для дискретных источников без памяти.**

По книге Вернер М.В. Основы кодирования, глава 3

По книге Березкин Е.Ф.. Основы теории кодирования, глава 4

**Задание по теме Энтропия связанных источников.**

По книге Вернер М.В. Основы кодирования, глава 4.

По книге Березкин Е.Ф.. Основы теории кодирования, глава 6

**Задание по теме Стационарные дискретные источники с памятью.**

По книге Вернер М.В. Основы кодирования, глава 5.

Краснов М.В. Методы сжатия изображений (методические указания). Раздел 2.

**Задание по теме Сжатие данных.**

По книге Вернер М.В. Основы кодирования, глава 6.

Краснов М.В. Методы сжатия изображений (методические указания). Раздел 2.

По книге Казарин Л.С. Глава 10

**Задание по теме Дискретные каналы без памяти и передача информации.**

По книге Вернер М.В. Основы кодирования, глава 7.

Краснов М.В. Методы сжатия изображений (методические указания). Раздел 3.

**Задание по теме Линейные блочные коды.**

По книге Вернер М. Основы кодирования.

По книге Березкин Е.Ф.. Основы теории кодирования, глава 10

По книге Казарин Л.С. Глава 5.

**Задание по теме Циклические коды.**

По книге Вернер М. Основы кодирования.

По книге Казарин Л.С. Глава 7.

**Задание по теме . Схемная реализация циклического кодирования.**

По книге Вернер М. Основы кодирования

По книге Березкин Е.Ф.. Основы теории кодирования, глава 10

**Задание по теме БЧХ-коды.**

По книге Вернер М. Основы кодирования

По книге Березкин Е.Ф.. Основы теории кодирования, глава 10

По книге Казарин Л.С. Глава 8.

## **Некоторые задания для зачетной работы**

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».

Дан марковский источник первого порядка с графом состояний из двух связанных вершин А и В, 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.

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

**Зачет** выставляется по итогам текущей аттестации.

### **Контрольная работа**

1. Вычислить таблицу характеров знакопеременной группы степени 5..
2. Найти формулы для свертки двух многочленов степени 5, используя дискретное преобразование Фурье в конечном поле (в зависимости от значений коэффициентов).
3. Верно ли, что любое точное двумерное представление конечной группы над  $\mathbb{C}$  неприводимо?
4. Пусть  $H$  – подгруппа группы  $G$  и  $\beta$  – ее регулярный характер. Доказать, что индуцированный характер  $\beta^G$  является ее регулярным характером.
5. Найти все неприводимые характеры группы, являющейся прямым произведением двух групп кватернионов порядка 8.

### **Вопросы к зачету.**

1.Методы сжатия изображений.

2.Неравенство Крафта и его использование.

3. Префиксные коды. Примеры.
4. Алгоритм Хаффмана сжатия изображений
5. Взаимная и условная информация.
6. Энтропия двоичного источника.
7. Пропускная способность двоичного симметричного канала.
8. Арифметическое кодирование.
9. Кодирование Лемпеля – Зива LZ77
10. Код Шеннона.
11. Сжатие изображений и факсов.
12. Преобразования Уолша и Адамара.
13. Дискретное косинусное преобразование.
14. Сжатие изображений с потерями.
15. Преобразование кода Грея в двоичный и обратно.
16. Дискретное преобразование Фурье.
17. Преобразование Фурье и свертка в суррогатном поле.

## Вопросы к экзамену

1. Дискретный канал связи. Основная модель теории кодирования, контролирующего ошибки. Основные понятия теории кодов. Простейшие двоичные коды. Недвоичное кодирование.
2. Информация одного события. Энтропия и избыточность. Дискретный канал связи без памяти.
3. Теорема кодирования источников. Префиксные коды. Неравенства Крафта и Мак-Миллана.
4. Код Фэно. Коды Хаффмана.
5. Энтропия связанных источников. Взаимная и условная информация.
6. Совместная и условная энтропия. Примеры вычислений.
7. Теорема кодирования стационарного дискретного источника с памятью.
8. Конечные цепи Маркова. Конечные дискретные марковские источники с заданной памятью.
9. Энтропия стационарного марковского источника. Кодирование стационарных марковских источников.
10. Передача информации по дискретному симметричному каналу. Пропускная способность канала.
11. Пропускная способность двоичного симметричного канала со стираниями. Теорема кодирования Шеннона. Непрерывные источники и каналы.
12. Структура линейных блочных кодов. Матричное описание линейных блочных кодов.
13. Стандартное расположение. Коды Хэмминга. Совершенные и квазисовершенные коды.
14. Простые преобразования линейного кода. Коды Рида – Маллера.
15. Код с точки зрения расширения поля. Полиномиальное описание циклических кодов. Матричное описание циклических кодов.
16. Коды Хэмминга как циклические коды.
17. Циклические коды, исправляющие две ошибки.
18. Циклические коды, исправляющие пакеты ошибок. Двоичный код Голея.
19. Логические цепи для арифметики конечного поля. Цифровые фильтры. Кодеры и декодеры на регистрах сдвига.

20. Декодер Меггита. Вылавливание ошибок.
21. Укороченные циклические коды. Декодер для кода Голея.
22. Определение БЧХ-кодов. Декодер Питерсона – Горенштейна –Цирлера.
23. Коды Рида – Соломона.
24. Декодирование двоичных БЧХ-кодов.
25. Границы в теории кодов.
26. Латинские квадраты и коды. Мажоритарное декодирование.
27. Матрицы Адамара.
28. Линейные рекуррентные последовательности и радар.
29. Орбитные коды и коды на Евклидовой сфере.
30. Понятие о квантовых кодах и квантовых вычислениях

## **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 («зачтено», «незачтено»), которая определяется рабочей программой дисциплины в соответствии с учебным планом.

Оценка «отлично» выставляется студенту, у которого каждая компетенция сформирована на высоком уровне. Оценка «хорошо» выставляется студенту, у которого сформированность компетенций находится на продвинутом уровне. Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, компетенции которого находятся на пороговом уровне. Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, обнаружившему существенные пробелы в понимании материала и его изложения, грубые ошибки, незнание ключевых понятий.

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.

Отмечу, что в настоящем учебном плане предусмотрен зачет в зимнюю сессию и экзамен в весеннюю сессию. Во втором семестре отдельные темы поручаются для изложения студентам с целью определения сформированности компетенции способности к самообразованию. Традиционно в апреле планируются выступления студентов на студенческой научной конференции с докладами по применению алгоритмов помехоустойчивого кодирования и сжатия изображений.

**Приложение №2 к рабочей программе дисциплины**  
**«Теория кодирования, сжатия и восстановления информации»**  
*(наименование дисциплины)*

**Методические указания для студентов по освоению дисциплины**

Для успешного усвоения данного курса необходимо знание следующих вопросов:

- линейные операторы в конечномерном векторном пространстве,
- матрица линейного оператора, ее запись в разных базисах
- характеристический многочлен линейного оператора.;
- кольцо и поле вычетов по модулю натурального числа;
- мультипликативная группа кольца вычетов;
- строение полей Галуа;
- понятие примитивного элемента поля Галуа;

Курс «Теория кодирования» отличается высокой степенью абстрактности применяемых методов, но в то же время, один из немногих курсов, позволяющих студентам составить представление о практическом применении абстрактных конструкций. Он насыщен весьма нетривиальными теоремами и, в то же время требует от слушателя высокой алгоритмической культуры. Поэтому возможно приглашение практических работников.

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

Для самостоятельного изучения дисциплины студентам рекомендуется следующая литература:

1. Вернер М.В. Основы кодирования. М.: Техносфера, 2006.
2. Березкин Е.Ф. Основы теории информации и кодирования [электронный ресурс]: учебное пособие/ Е.Ф.Березкин. Электрон.дан.-Санкт-Петербург: Лань, 2018 – 320 с. – Режим доступа :<https://e.lanbook.com/book/108326>
3. Краснов М.В. Методы сжатия изображений (методические указания). Ярославль, 2014
4. Дурнев В. Г., Башкин М.А., Якимова О.П. Элементы дискретной математики. Часть II. Ярославль, 2007.
5. 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.