

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»**

Институт информационных технологий, математики и механики

---

УТВЕРЖДЕНО  
решением ученого совета ННГУ  
протокол от  
«30» ноября 2022 г. № 13

## **Рабочая программа дисциплины**

**Теория кодирования**

---

Уровень высшего образования  
**Бакалавриат**

---

Направление подготовки  
**01.03.02 Прикладная математика и информатика**

---

Направленность образовательной программы  
**Прикладная математика и информатика (общий профиль)**

---

Форма обучения  
**Очная**

---

Нижний Новгород  
2023

## 1. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений. Код дисциплины Б1.В.ДВ.08.02 Теория кодирования.

№ варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
2	Блок 1. Дисциплины (модули) Часть, формируемая участниками образовательных отношений	Дисциплина Б1.В.ДВ.08.02 Теория кодирования относится к части ООП направления подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика», формируемой участниками образовательных отношений.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
ПК-4. Способен применять методы математического и компьютерного исследования при анализе задач на основе знаний фундаментальных математических и компьютерных наук	ПК-4.1. Знает фундаментальные и теоретические основы, необходимые для исследования научных проблем	Знает основные математические модели для описания свойств кодируемой информации. Знает методы и алгоритмы экономного кодирования и сжатия информации. Знает методы анализа, программной реализации и использования на практике математических алгоритмов.	Собеседование Доклад
	ПК-4.2. Умеет самостоятельно применять полученные знания для анализа объекта исследования, определять цели и задачи исследования, а также выбирать корректный метод исследования научной проблемы	Умеет строить модели, описывающие свойства кодируемой информации, на стандартных примерах. Умеет иллюстрировать работу изученных алгоритмов экономного кодирования на примерах. Умеет находить, анализировать и использовать на практике математические алгоритмы, в том числе с применением современных вычислительных систем.	Контрольная работа Задачи
	ПК-4.3. Имеет практический опыт	Имеет практический опыт применения методов и принципов	

	научно-исследовательской деятельности, а именно решения научных задач в соответствии с поставленной целью и выбранной методикой	самостоятельной научно-исследовательской работы. Владеет изученными методами и алгоритмами экономного кодирования. Владеет основными навыками по моделированию свойств кодируемой информации.	Контрольная работа Задачи
--	---	---	------------------------------

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1. Трудоемкость дисциплины

	Очная форма обучения
Общая трудоемкость	<u>2</u> ЗЕТ
Часов по учебному плану	72
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	33
- занятия лекционного типа	16
- занятия семинарского типа	16
- текущий контроль (КСР)	1
самостоятельная работа	39
Промежуточная аттестация – зачет	

#### 3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины, форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе					Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них					
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа		Всего	
	Очная	Очная	Очная	Очная		Очная	Очная
<b>Универсальные методы кодирования.</b>  Алфавитное кодирование. Префиксные коды. Неравенство Мак-Миллана. Проблема распознавания взаимной однозначности алфавитного кодирования. Алгоритм А.А. Маркова. Постановка задачи оптимального кодирования. Алгоритмы Хаффмана, Фано, Шеннона. Энтропия и ее связь со стоимостью оптимального кодирования. Динамический алгоритм Хаффмана. Алгоритм арифметического	22	4	4			8	14

кодирования. Адаптивный алгоритм арифметического кодирования, работающий с целыми числами фиксированной длины.							
<b>Кодирование целых чисел.</b> Коды Левенштейна для кодирования целых чисел.	<b>8</b>	<b>2</b>	<b>2</b>			<b>4</b>	<b>4</b>
<b>Словарные методы сжатия.</b> Классические методы Лемпеля-Зива. Алгоритмы LZ77 и LZ78 и их модификации.	<b>8</b>	<b>2</b>	<b>2</b>			<b>4</b>	<b>4</b>
<b>Моделирование и кодирование.</b> Кодирование вероятностных источников. Теорема Шеннона для канала без шума. Метод равномерного блочного кодирования.  Локально-префиксные коды, учитывающие локальную модель языка сообщений.  Контекстное моделирование. Алгоритм RPM, использующий контекстную модель.	<b>18</b>	<b>4</b>	<b>4</b>			<b>8</b>	<b>10</b>
<b>Другие методы экономного кодирования.</b>  Сжатие с помощью «стопки книг». Преобразование Барроуза-Уиллера (BWT).  Кодирование длин серий.	<b>15</b>	<b>4</b>	<b>4</b>			<b>8</b>	<b>7</b>
<b>Текущий контроль (КСР)</b>	<b>1</b>					<b>1</b>	
<b>Промежуточная аттестация: зачет</b>							
<b>Итого</b>	<b>72</b>	<b>16</b>	<b>16</b>			<b>33</b>	<b>39</b>

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий семинарского типа.

Промежуточная аттестация проходит в форме зачета.

#### 4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

- Выполнение домашних практических заданий.
- Чтение справочной, методической и научной литературы.
- Подготовка научных докладов.

Практические домашние задания формируются на основе учебно-методического пособия:

Жильцова Л.П., Смирнова Т.Г. Основы теории графов и теории кодирования в примерах и задачах: учебно-методическое пособие. - Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2017. - 64с. // Фонд образовательных электронных ресурсов. Рег. № 1437.17.06. URL: [http://www.unn.ru/books/met\\_files/Graphs.pdf](http://www.unn.ru/books/met_files/Graphs.pdf)

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используется электронный курс (Теория кодирования, <https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=4572>), созданный в системе электронного обучения ННГУ - <https://e-learning.unn.ru/>.

## 5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:

### 5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	Не зачтено		Зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала.  Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько незначительных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения.  Имели место грубые ошибки.	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными незначительными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом.	При решении стандартных задач не	Имеется минимальный набор	Продemonстрированы базовые	Продemonстрированы базовые	Продemonстрированы навыки при	Продemonстрирован творческий

	Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	продемонстрированы базовые навыки.  Имели место грубые ошибки.	навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.	навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	подход к решению нестандартных задач.
--	--	--	--	--	--	---	---------------------------------------

### Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка	Уровень подготовки
<b>Зачтено</b>	Удовлетворительный уровень подготовки, владение теоретическим материалом, студент стремится применить творческий подход к решению стандартных задач. Студент посещал практические занятия, активно на них работал.
<b>Не зачтено</b>	Подготовка недостаточная и требует дополнительного изучения материала. Студент дает ошибочные ответы на вопросы, не может реагировать на наводящие и дополнительные вопросы экзаменатора. Студент пропустил большую часть практических занятий.

## 5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения.

### 5.2.1. Контрольные вопросы

Вопросы	Код формируемой компетенции
1. Алфавитное кодирование. Префиксные коды. Неравенство Мак-Миллана. Построение схемы префиксного кодирования по набору длин.	ПК-4
2. Проблема распознавания взаимной однозначности алфавитного кодирования. Алгоритм А.А. Маркова.	ПК-4
3. Постановка задачи оптимального кодирования. Теорема редукции. Алгоритм оптимального кодирования (алгоритм Хаффмана).	ПК-4
4. Алгоритмы экономного кодирования Фано и Шеннона.	ПК-4
5. Энтропия. Связь стоимости оптимального кодирования с энтропией.	ПК-4
6. Алгоритм равномерного блочного кодирования. Его асимптотическая оптимальность.	ПК-4
7. Кодирование вероятностных источников. Теорема Шеннона для канала без шума.	ПК-4
8. Локальная модель языка. Граф антипрефиксности. Локально-префиксные коды.	ПК-4
9. Контекстное моделирование. Алгоритм PPM, использующий	ПК-4

### 5.2.2. Типовые задания для оценки сформированности компетенции ПК-4

#### Пример контрольной работы

1. Построить источник, генерирующий последовательность символов в алфавите  $B = \{a, b, c, d\}$  с заданными запрещенными фрагментами  $\{aa, ab, dc\}$ .
2. Найти энтропию источника и вероятности появления букв в типичном сообщении.
3. Для распределения вероятностей  $P=(0,3; 0,4; 0,06; 0,08; 0,04; 0,04; 0,04; 0,04)$  построить оптимальный двоичный префиксный код и найти его стоимость кодирования.
4. Используя алгоритм Маркова, выяснить, является ли код  $V = \{1, 100, 0001, 010, 0010\}$  взаимно-однозначным. Если код не взаимно-однозначный, указать пару слов, которые кодируются одинаково.
5. Задана локальная модель  $M = \{\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3\}$  языка  $L$ , где  $\varepsilon_1 = \{b, d, e\}$ ,  $\varepsilon_2 = \{a, b\}$ ,  $\varepsilon_3 = \{a, c\}$ . По локальной модели  $M$  построить:
  - а) граф антипрефиксности  $G$ ;
  - б) локально-префиксный код, учитывающий  $M$ , в котором буква  $b$  кодируется одним символом.

### 5.2.3. Темы докладов на занятиях семинарского типа

1. Динамический алгоритм Хаффмана.
2. Факсимильное кодирование.
3. Коды Левенштейна для кодирования целых чисел.
4. Арифметическое кодирование.
5. Алгоритмы Лемпеля-Зива.
6. Коды длин серий.
7. Сжатие «стопкой книг».
8. Преобразование Барроуза-Уилера.

### 5.2.4. Пример задач (оценочные средства), выносимые на зачет для оценки компетенции «ПК-4»

#### Задача 1.

Построить источник, генерирующий последовательность символов в алфавите  $\{a, b, c, d\}$  с запрещенными фрагментами  $\{aa, bc, da\}$ .

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

#### а) основная литература:

1. Лидовский В. В. Теория информации: Учебное пособие. — М.: Компания Спутник+, 2004. — 111 с.  
[http://www.mccme.ru/free-books/izdano/2004/it\\_ebook1.pdf](http://www.mccme.ru/free-books/izdano/2004/it_ebook1.pdf)
2. Штарьков Ю.М. Универсальное кодирование. Теория и алгоритмы [Электронный ресурс] / - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013. – ЭБС «Консультант студента»  
<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922115179.html>

3. Жильцова Л.П., Смирнова Т.Г. Основы теории графов и теории кодирования в примерах и задачах: учебно-методическое пособие. - Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2008. – 64 с. Рег.№ 1437.17.06.  
[www.unn.ru/books/resources.html](http://www.unn.ru/books/resources.html)
4. Жильцова Л.П. Современные проблемы теории кодирования. 2007. -80 с.  
[www.unn.ru/pages/e-library/aids/2007/6.pdf](http://www.unn.ru/pages/e-library/aids/2007/6.pdf)

б) дополнительная литература:

1. С.В. Яблонский. Введение в дискретную математику. М.: Высшая школа, 2002, 2003, 2006, 2008. 79 экз.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

<http://compression.ru/download/ti.html#rus>

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду ННГУ.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ 01.03.02 Прикладная математика и информатика.

Автор: к.ф.-м.н., доцент кафедры АГидМ Смирнова Т.Г.

Рецензент: д.т.н., профессор НГТУ им. Р.Е. Алексеева Ломакина Л.С.

Заведующий кафедрой АГидМ: д.ф.м.н. Золотых Н.Ю.

Программа одобрена на заседании методической комиссии института информационных технологий, математики и механики

от 30 ноября 2022 года, протокол № 3.