

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

(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО

решением Ученого совета ННГУ

протокол №13 от 30.11.2022 г.

**Рабочая программа дисциплины**

**Теория кодирования**

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

Бакалавриат

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

02.03.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

Инженерия программного обеспечения

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения

очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород

2023 год

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина *Б1.В.ДВ.07.05 Теория кодирования* относится к части ООП направления подготовки 02.03.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии, 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**	
<b>ПК-3</b> Способен создавать и исследовать новые математические модели в естественных науках, промышленности и бизнесе, с учетом возможностей современных информационных технологий и программирования и компьютерной техники	<b>ПК-3.1:</b> Знает методы анализа и исследования математических моделей в области фундаментальной информатики и информационных технологий;	<b>Знать:</b>  математические модели для описания свойств кодируемой информации:  источники с конечным числом состояний, локальные модели языков сообщений, контекстное моделирование;  методы и алгоритмы дисциплины «Теория кодирования»:  алгоритмы экономного кодирования Хаффмана, Фано, Шеннона, арифметического кодирования;  словарные методы сжатия Лемпеля- Зива;  коды Левенштейна для кодирования целых чисел;  алгоритм равномерного блочного кодирования для вероятностных источников;  локально-префиксное кодирование.	<i>Собеседование, Контрольная работа, Задача</i>
	<b>ПК-3.2:</b> Умеет определять ключевые свойства и ограничения системы	<b>Уметь:</b>  строить модели, описывающие свойства кодируемой информации, на стандартных примерах;	Контрольная работа, <i>Задача</i>

		<p>иллюстрировать работу изученных алгоритмов экономного кодирования на примерах.</p> <p>пользоваться навыками по моделированию свойств кодируемой информации;</p> <p>изученными методами и алгоритмами экономного кодирования.</p>	
--	--	---	--

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1. Трудоемкость дисциплины

	<b>очная форма обучения</b>
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>3 ЗЕТ</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>108</b>
<b>в том числе</b>	
<b>контактная работа:</b>	<b>25</b>
- занятия лекционного типа	<b>24</b>
- занятия лабораторного типа	
- текущий контроль (КСР)	<b>1</b>
<b>самостоятельная работа</b>	<b>83</b>
<b>Промежуточная аттестация – зачет</b>	

#### 3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	В том числе				
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы. Из них				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
<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.	22	6			6	16

Алгоритмы Хаффмана, Фано, Шеннона. Энтропия и ее связь со стоимостью оптимального кодирования. Динамический алгоритм Хаффмана. Алгоритм арифметического кодирования. Адаптивный алгоритм арифметического кодирования, работающий с целыми числами фиксированной длины.						
<b>Кодирование целых чисел.</b> Коды Левенштейна для кодирования целых чисел.	22	6			6	16
<b>Словарные методы сжатия.</b> Классические методы Лемпеля-Зива. Алгоритмы LZ77 и LZ78 и их модификации.	20	4			4	16
<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 PPM, использующий контекстную модель.	22	4			4	18
<b>Другие методы экономного кодирования.</b> Сжатие с помощью «стопки книг». Преобразование Барроуза-Уиллера (BWT). Кодирование длин серий.	21	4			4	17
Текущий контроль (КСР)	1				1	
Промежуточная аттестация –зачет						
<b>Итого</b>	<b>108</b>	<b>24</b>			<b>25</b>	<b>83</b>

Текущий контроль успеваемости реализуется в формах опросов на занятиях лекционного типа.

Промежуточная аттестация проходит в традиционной форме (зачет).

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

##### Виды самостоятельной работы студентов

- Выполнение домашних практических заданий.
- Чтение справочной, методической и научной литературы.
- Подготовка научных докладов с использованием презентаций.
- Подготовка к промежуточной аттестации в форме зачета.

##### Образовательные материалы для самостоятельной работы студентов, практические задания для проведения текущего контроля

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:

Темы для научных докладов:

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.

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

**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	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными незначительными недочетами, выполнены все задания в	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов

			объеме.	некоторые с недочетами.	недочетами.	полном объеме.	
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки.  Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.

### Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	Превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
	Отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	Очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	Хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
	Удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	Неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	Плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

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

### 5.2.1 Контрольные вопросы

Вопрос	Код компетенции
1. Алфавитное кодирование. Префиксные коды. Неравенство	

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

### 5.2.2 Типовые задачи для оценки сформированности компетенции ПК-3

Практическое контрольное задание для оценивания результатов обучения в виде умений.

#### Вариант 1.

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.

### 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

<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: операционная система Windows (лицензия), Microsoft Visual Studio (лицензия), библиотека OpenCV (open source, <http://opencv.org/>)

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

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ 02.03.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии.

Автор: доцент кафедры алгебры, геометрии и дискретной математики,

Рецензент (ы) \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой алгебры, геометрии и дискретной математики

\_\_\_\_\_ Золотых Н.Ю.