

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 президиума  
Ученого совета ННГУ  
от 30.11.2022 г.  
протокол № 13

**Рабочая программа дисциплины  
Work program of the course**

Теория кодирования  
Coding theory

---

*(наименование дисциплины (модуля))*

Уровень высшего образования  
Level of higher education  
бакалавриат

---

bachelor's degree program  
(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность  
Training direction / specialty  
02.03.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии  
02.03.02 Fundamental Computer Science and Information Technology

---

Направленность образовательной программы  
Orientation of educational program

Общий профиль  
General profile

---

*(указывается профиль / магистерская программа / специализация)*

Форма обучения

очная

full-time

---

*(очная / очно-заочная / заочная)*

Нижний Новгород

2021 год

## 1. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина Б1.В.ДВ.03.01 «Теория кодирования» относится к дисциплинам по выбору Б1.В.ДВ.03 части ООП по направлению подготовки 02.03.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии», формируемой участниками образовательных отношений. Дисциплина читается студентам 4 курса в 7 семестре, 3 зачетных единицы, 108 часов, зачет.

The course Б1.В.02 “Coding Theory” refers to the part formed by participants of education relations.

№ варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
1	Блок 1. Дисциплины (модули) Часть, формируемая участниками образовательных отношений	Дисциплина Б1.В.ДВ.03.01 «Теория кодирования» относится к дисциплинам по выбору Б1.В.ДВ.03 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**	
УК-1 Способность осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1: Знает принципы сбора, отбора и обобщения информации  УК-1-2. Умеет соотносить разнородные явления и систематизировать их в рамках избранных видов профессиональной деятельности  УК-1-3. Имеет практический опыт работы с информационными	<b>ЗНАТЬ:</b> математические модели для описания свойств кодируемой информации: 1. источники с конечным числом состояний; 2. локальные модели языков сообщений; 3. контекстное моделирование; методы и алгоритмы дисциплины «Теория кодирования»: 1. алгоритмы экономного кодирования: алгоритмы Хаффмана, Фано, Шеннона, арифметического кодирования; 2. словарные методы сжатия Лемпеля- Зива; 3. коды Левенштейна для кодирования целых чисел;	<i>собеседование / interview</i>  <i>задачи / tasks</i>

	<p>источниками, опыт научного поиска, создания научных текстов.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>4. алгоритм равномерного блочного кодирования для вероятностных источников;</li> <li>5. метод кодирования, использующий контекстную модель языка сообщений;</li> <li>6. локально-префиксное кодирование</li> </ol> <p><b>To KNOW</b> mathematical models for the description of the properties of the encoded information:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. sources with a finite number of states;</li> <li>2. local models of message languages;</li> <li>3. contextual modeling.</li> </ol> <p>methods and algorithms of the discipline "Theory of coding":</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. algorithms of economical coding: algorithms of Huffman, Fano, Shannon, arithmetic coding;</li> <li>2. dictionary methods of Lempel-Ziv compression;</li> <li>3. Levenstein codes for encoding integers;</li> <li>4. the algorithm of uniform block coding for probabilistic sources;</li> <li>5. a coding method using a contextual model of the message language;</li> <li>6. local prefix encoding.</li> </ol> <p><b>УМЕТЬ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. строить модели, описывающие свойства кодируемой информации, на стандартных примерах;</li> <li>2. иллюстрировать работу изученных алгоритмов экономного кодирования на примерах.</li> </ol> <p><b>TO be able</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. to build models describing the properties of the encoded information on standard examples;</li> <li>2. to illustrate the work of the studied algorithms of economical coding by examples</li> </ol>	
--	---	---	--

		<p><b>ВЛАДЕТЬ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. навыками по моделированию свойств кодируемой информации;</li> <li>2. изученными методами и алгоритмами экономного кодирования.</li> </ol> <p><b>To have SKILLS</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. in modeling the properties of the encoded information;</li> <li>2. application of studied methods and algorithms of economical coding.</li> </ol>	
--	--	--	--

### 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>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	16
- занятия семинарского типа	16
- занятия лабораторного типа	
- текущий контроль (КСР)	1
<b>самостоятельная работа</b>	<b>75</b>
<b>Промежуточная аттестация – экзамен/зачет</b>	<b>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	
Универсальные методы кодирования / Universal coding methods 1	28	4	4		8	20
Кодирование целых чисел. / The encoding of integers	16	2	2		4	12
Словарные методы сжатия. / Dictionary compression methods	16	2	2		4	12

Моделирование и кодирование. / Modeling and coding	20	4	4		8	12
Другие методы экономного кодирования. / Other methods of economical coding	27	4	4		8	19
Текущий контроль (КСР)	1				1	
Промежуточная аттестация – экзамен/зачет	зачет					
<b>Итого</b>	<b>108</b>	<b>16</b>	<b>16</b>		<b>33</b>	<b>75</b>

Текущий контроль успеваемости реализуется в формах опросов на практических занятиях и занятиях семинарского типа.

Промежуточная аттестация проходит в форме традиционного зачета.

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

##### 4.1. Виды самостоятельной работы студентов / Types of independent work of students

- Выполнение домашних практических заданий. / Performing homework practical tasks
- Подготовка научных докладов. / Preparation of scientific papers

##### 4.2. 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: Нижегородский госуниверситет, 2017. - 64с. // Фонд образовательных электронных ресурсов. Рег. № 1437.17.06.
- Zhiltsova LP, Smirnova TG Fundamentals of graph theory and coding theory in examples and problems: a teaching aid. - Nizhny Novgorod: Nizhny Novgorod State University, 2017. - 64s. // Fund of educational electronic resources. Reg. № 1437.17.06. [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.

#### 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 теоретическо	Уровень знаний ниже минималь-	Минимально допустимый уровень	Уровень знаний в объеме,	Уровень знаний в объеме,	Уровень знаний в объеме,	Уровень знаний в объеме,

	го материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	ных требований. Имели место грубые ошибки.	знаний. Допущено много негрубых ошибки.	соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	соответствующем программе подготовки. Допущено несколько незначительных ошибок	соответствующем программе подготовки, без ошибок.	превышающую 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. 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

вопросы	Код формируемой компетенции
1. Префиксные коды. Неравенство Мак-Миллана / The prefix codes. Inequality, Macmillan	УК-1
2. Проблема распознавания взаимной однозначности алфавитного кодирования. Алгоритм А.А. Маркова / The problem of recognition of one-to-one alphabetic coding. Algorithm of A. A. Markov	УК-1
3. Постановка задачи оптимального кодирования. Связь стоимости оптимального кодирования с энтропией / Formulation of the optimal coding problem. Communication cost optimal with entropy coding	УК-1
4. Алгоритм равномерного блочного кодирования / Uniform block coding algorithm	УК-1
5. Алгоритмы Хаффмана, Фано, Шеннона / The Algorithms Of Huffman, Fano, Shannon	УК-1
6. Адаптивный однократный алгоритм Хаффмана / Adaptive one-pass Huffman algorithm	УК-1
7. Алгоритм арифметического кодирования кодов / The algorithm of arithmetic coding codes	УК-1
8. Адаптивный алгоритм арифметического кодирования, работающий с целыми числами фиксированной длины / An adaptive arithmetic coding algorithm that works with fixed-length integers	УК-1
9. Код Левенштейна для кодирования целых чисел / Levenstein code for encoding integers	УК-1
10. Метод Лемпеля-Зива. LZ77 и его модификации / The Method Of Lempel-Ziv. LZ77 and its variants.	УК-1
11. Метод Лемпеля-Зива. LZ78 и его модификации / The Method Of Lempel-Ziv. LZ78 and its variants	УК-1
12. Кодирование вероятностных источников. Теорема Шеннона для канала без шума / Coding of probabilistic sources. Shannon's theorem for a channel without noise	УК-1
13. Контекстное моделирование. Алгоритм PPM, использующий контекстную модель / Contextual modeling. The PPM algorithm using the context model	УК-1
14. Локальная модель языка. Локально-префиксные	УК-1

коды / The local language model. Local prefix codes	
15. Сжатие с помощью «стопки книг» / Compression using the "stack of books"	УК-1
16. Кодирование длин серий / The run-length encoding	УК-1
17. Преобразование Барроуза-Уиллера (BWT) / The transformation of the burrows-Wheeler (BWT)	УК-1

### 5.2.3. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции УК-1

#### Вариант 1.

1. Построить источник, генерирующий последовательность символов в алфавите  $B = \{a, b, c, d\}$  с заданными запрещенными фрагментами  $\{aa, ab, dc\}$ . /  
Construct a source that generates a sequence of characters in the alphabet  $B = \{a, b, c, d\}$  with given forbidden fragments  $\{aa, ab, dc\}$ .
2. Найти энтропию источника и вероятности появления букв в типичном сообщении /  
Find the entropy of the source and the probability of occurrence of letters in a typical message
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 /  
For the probability distribution  $P = (0.3, 0.4, 0.06, 0.08, 0.04, 0.04, 0.04, 0.04)$ , construct the optimal binary prefix code and find its encoding cost
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 /  
Using the Markov algorithm, find out whether the code  $V = \{1, 100, 0001, 010, 0010\}$  is one-to-one. If the code is not one-to-one, specify a pair of words that are coded identically
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:
  - a) граф антипрефиксности  $G$ ;
  - b) локально-префиксный код, учитывающий  $M$ , в котором буква  $b$  кодируется одним символом /  
A local model  $M = \{\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3\}$  of the language  $L$  is given, where  $\varepsilon_1 = \{b, d, e\}$ ,  $\varepsilon_2 = \{a, b\}$ ,  $\varepsilon_3 = \{a, c\}$ . Using the local model  $M$ , construct:
    - a) the antiprefix graph  $G$ ;
    - b) a local prefix code that takes into account  $M$ , in which the letter  $b$  is encoded with a single character

### 5.2.4. Темы рефератов для занятий семинарского типа (УК-1, доклад и обсуждение)

1. Динамический алгоритм Хаффмана. / A dynamic Huffman algorithm.
2. Факсимильное кодирование. / Fax coding.
3. Коды Левенштейна для кодирования целых чисел. / Levenstein codes for encoding integers
4. Арифметическое кодирование. / Arithmetic coding
5. Алгоритмы Лемпеля-Зива. / Algorithms For Lempel-Ziv
6. Коды длин серий. / Codes of the lengths of the series
7. Сжатие «стопкой книг». / Compression "stack of books".
8. Преобразование Барроуза-Уиллера. / Conversion Burrows-Wheeler.



## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

J.H. van Lint. Introduction to Coding Theory. [Graduate Texts in Mathematics](#). Series Volume 86. 1992. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. eBook ISBN 978-3-662-00174-5. DOI 10.1007/978-3-662-00174-5. Series ISSN 0072-5285  
<http://www.springer.com/gp/book/9783540641339>

б) дополнительная литература:

J. H. van Lint. Coding Theory. [Lecture Notes in Mathematics](#) . Series Volume 201. 1973. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. eBook ISBN 978-3-540-36657-7. DOI 10.1007/978-3-540-36657-7. Softcover ISBN 978-3-540-06363-6. Series ISSN 0075-8434 <http://www.springer.com/gp/book/9783540063636>

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):  
<http://www.unn.ru/books/resources.html>

## 7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой (лекционного и семинарского типа), 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.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО /ОС ННГУ \_\_\_\_\_.

Автор (ы) д.ф.м.н., \_\_\_\_\_ Жильцова Л.П.

Рецензент (ы) \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой д.ф.м.н., профессор \_\_\_\_\_ Кузнецов М.И.

Программа одобрена на заседании методической комиссии института информационных технологий, математики и механики от 30.11.2022 года, протокол № 3.