

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)*

Нижегород

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)<br>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<br>Способность осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач | <p>УК-1.1: Знает принципы сбора, отбора и обобщения информации</p> <p>УК-1-2. Умеет соотносить разнородные явления и систематизировать их в рамках избранных видов профессиональной деятельности</p> <p>УК-1-3. Имеет практический опыт работы с информационными</p> | <p><b>ЗНАТЬ:</b><br/>математические модели для описания свойств кодируемой информации:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. источники с конечным числом состояний;</li> <li>2. локальные модели языков сообщений;</li> <li>3. контекстное моделирование;</li> </ol> <p>методы и алгоритмы дисциплины «Теория кодирования»:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. алгоритмы экономного кодирования: алгоритмы Хаффмана, Фано, Шеннона, арифметического кодирования;</li> <li>2. словарные методы сжатия Лемпеля- Зива;</li> <li>3. коды Левенштейна для кодирования целых чисел;</li> </ol> | <p><i>собеседование / interview</i></p> <p><i>задачи / tasks</i></p> |

|  |   |  |  |
|--|---|--|--|
|  | <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><br/> 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>                       | <u>3</u> ЗЕТ                |
| <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   |                           |                            |       | Самостоятельная работа обучающегося, часы |
|---|--------------|---|---------------------------|----------------------------|-------|---|
|   |              | Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы. Из них |                           |                            |       |   |
|   |              | 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, |

|               |   |  |   |   |  |   |   |
|---------------|---|--|---|---|--|---|---|
|               | го материала.<br>Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа                    | ных требований.<br>Имели место грубые ошибки.  | знаний.<br>Допущено много негрубых ошибки.  | соответствующем программе подготовки.<br>Допущено несколько негрубых ошибок   | соответствующем программе подготовки.<br>Допущено несколько несущественных ошибок  | соответствующем программе подготовки, без ошибок.   | превышающую программу подготовки.   |
| <u>Умения</u> | Отсутствие минимальных умений.<br>Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа   | При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения.<br><br>Имели место грубые ошибки. | Продemonстрированы основные умения.<br>Решены типовые задачи с негрубыми ошибками.<br>Выполнены все задания, но не в полном объеме. | Продemonстрированы все основные умения.<br>Решены все основные задачи с негрубыми ошибками.<br>Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. | Продemonстрированы все основные умения.<br>Решены все основные задачи.<br>Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. | Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным недочетами, выполнены все задания в полном объеме. | Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи.<br>Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов |
| <u>Навыки</u> | Отсутствие владения материалом.<br>Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа | При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки.<br><br>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

| <i>вопросы</i>  | <i>Код формируемой компетенции</i> |
|---|------------------------------------|
| 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 однопроходный 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.