

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 информации

*(наименование дисциплины (модуля))*

---

Уровень высшего образования

бакалавриат

*(бакалавриат / магистратура / специалитет)*

---

Направление подготовки / специальность

**020302 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)*

---

Нижегород

2023 год

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.20. Теория информации относится к обязательной части ООП направления подготовки 02.03.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии.

## 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**   |                                  |
| <i>УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач</i>                                | <i>УК-1-2. Умеет соотносить разнородные явления и систематизировать их в рамках избранных видов профессиональной деятельности</i>          | <i>Уметь уметь применять факты и алгоритмы теории информации для решения прикладных задач профессиональной деятельности</i>   | <i>задачи</i>                    |
| <i>ОПК-1: Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности</i> | <i>ОПК-1.1.: Знает основные положения и концепции в области математических и естественных наук, базовые теории и основную терминологию</i> | <i>Знать основные меры информации, такие как информация по Хартли, информация по Шеннону и информация по Колмогорову; основные способы доказательства нижних оценок для алгоритмов на основе информации по Хартли; понятие коммуникационной сложности и понятие коммуникационного протокола; основные методы доказательства нижних и верхних оценок для коммуникационной сложности задач; понятие и свойства энтропии Шеннона, условной энтропии, энтропии пары с.в., общей информации; основные энтропийные неравенства и методы получения новых энтропийных неравенств; связь понятия энтропии с теорией кодирования; основные коды и средние длины их кодовых слов; задачу о предсказании одной дискретной с.в. по другой, неравенство Фано; методы кодирования по частотам диграмм; теорему Вольфа-Сляпина; теорему о</i> | <i>собеседование</i>             |

|  |  |  |               |
|--|--|--|---------------|
|  |  | <i>пропускной способности канала с шумом;</i>  |               |
|  | <b>ОПК-1.2: Умеет</b><br><i>осуществлять первичный сбор и анализ материала, интерпретировать различные математические объекты</i>                    | <i>Уметь разрабатывать и анализировать концептуальные и теоретические модели для задач связанных с теорией информации</i><br><br><i>анализировать сложность прикладных и теоретических задач теории информации</i> | <i>задачи</i> |
|  | <b>ОПК-1.3: Имеет</b><br><i>практический опыт работы с решением стандартных математических задач и применяет его в профессиональной деятельности</i> | <i>Владеть опытом применения методов теории информации для решения теоретических и прикладных задач</i>  | <i>задачи</i> |

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

|   |                             |
|---|-----------------------------|
|   | <b>очная форма обучения</b> |
| <b>Общая трудоемкость</b>               | <b>2 ЗЕТ</b>                |
| <b>Часов по учебному плану</b>          | <b>72</b>                   |
| <b>в том числе</b>                      |                             |
| <b>контактная работа:</b>               | <b>17</b>                   |
| - занятия лекционного типа              | <b>16</b>                   |
| - занятия семинарского типа             | -                           |
| - текущий контроль (КСР)                | <b>1</b>                    |
| <b>самостоятельная работа</b>           | <b>55</b>                   |
| <b>Промежуточная аттестация – зачет</b> |                             |

#### 3.2. Содержание дисциплины

|                     |          |              |                    |
|---------------------|----------|--------------|--------------------|
| <b>Наименование</b> | <b>и</b> | <b>Всего</b> | <b>в том числе</b> |
|---------------------|----------|--------------|--------------------|

|  |           | контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы<br>из них |                           |                            |                        | Самостоятельная работа обучающегося, часы |
|--|-----------|---|---------------------------|----------------------------|------------------------|---|
|  |           | Занятия лекционного типа  | Занятия семинарского типа | Занятия лабораторного типа | Всего контактных часов |   |
| Информация по Хартли. Доказательства нижних оценок и разработка алгоритмов на основе понятия информации по Хартли.                               | 19        | 4   | 0                         | 0                          | 4                      | 15  |
| Коммуникационная сложность.  | 26        | 6   | 0                         | 0                          | 6                      | 20  |
| Энтропия Шеннона. Кодирование, предсказание, теория передачи информации по каналам связи. Подход к определению количества информации Колмогорова | 26        | 6   | 0                         | 0                          | 6                      | 20  |
| Контроль самостоятельной работы  | 1         |   |                           |                            | 1                      |   |
| Промежуточная аттестация – зачет   |           |   |                           |                            |                        |   |
| <b>Итого</b>   | <b>72</b> | <b>16</b>   |                           |                            | <b>17</b>              | <b>55</b>                                 |

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках проверки домашних контрольных работ

Промежуточная аттестация проходит в традиционной форме (зачет).

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

- Подготовка к лекциям;
- Изучение дополнительных тем, указанных преподавателем;
- Выполнения домашних контрольных работ;
- Выполнение индивидуальных заданий;
- Подготовка и промежуточной аттестации в форме зачета.

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.<br><br>Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа | Уровень знаний ниже минимальных требований.<br>Имели место грубые ошибки.                              | Минимально допустимый уровень знаний.<br>Допущено много негрубых ошибок.   | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки.<br>Допущено несколько негрубых ошибок  | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки.<br>Допущено несколько несущественных ошибок                                    | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.   | Уровень знаний в объеме, превышающем 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. | Продемонстрированы основные умения.<br>Решены типовые задачи с негрубыми ошибками.<br>Выполнены все задания но не в полном объеме. | Продемонстрированы все основные умения.<br>Решены все основные задачи с негрубыми ошибками.<br>Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. | Продемонстрированы все основные умения.<br>Решены все основные задачи .<br>Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. | Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме. | Продемонстрированы все основные умения,.<br>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  | Продемонстрированы базовые навыки<br><br>при решении стандартных задач с некоторыми недочетами  | Продемонстрированы базовые навыки<br><br>при решении стандартных задач без недочетов.   | Продемонстрированы навыки<br><br>при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.   | Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач   |

### Шкала оценки при промежуточной аттестации

|               |                           |
|---------------|---------------------------|
| <b>Оценка</b> | <b>Уровень подготовки</b> |
|---------------|---------------------------|

|            |                     |  |
|------------|---------------------|--|
| 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 формируемой компетенции |
|---|-----------------------------|
| 1. Понятие информации по Хартли. Закон аддитивности. Информационный подход для задачи о сортировке. Оптимальный по числу сравнений алгоритм сортировки. Задача угадывания числа, бинарный поиск. Задача о фальшивой монетке. Взвешенный вариант задачи угадывания числа. Угадывание числа с ошибками. | ПК-1-1                      |
| 2. Понятия коммуникационной сложности и коммуникационного протокола. Детерминированная и рандомизированная коммуникационные сложности. Примеры.   | ОПК-1                       |
| 3. Методы доказательства нижних и верхних оценок коммуникационной сложности функций и предикатов. Метод трудных множеств, метод мер прямоугольников, метод ранга матрицы.   | ОПК-1                       |
| 4. Нижние и верхние оценки детерминированной коммуникационной сложности для следующих предикатов и функций: предикат равенства, предикат больше, предикат четности, предикат непустоты пересечения множеств, предикат скалярного произведения по модулю 2, функция медианы двух массивов.             | ОПК-1                       |
| 5. Нижние и верхние оценки рандомизированной коммуникационной сложности для предикатов равно и больше. Варианты с общим источником случайности.   | ОПК-1                       |

|   |       |
|---|-------|
| 6. Понятие энтропии Шеннона. Свойства энтропии. Теорема Крафта, Мак-Миллана. Связь энтропии со средней длиной кодового слова. Кодирование номером слова. Задача угадывания числа, среднее число вопросов. | ОПК-1 |
| 7. Взаимоднозначное кодирование. Код Хаффмана, арифметический код, код Шеннона, Фано.   | ОПК-1 |
| 8. Информационные неравенства. Способы получения новых неравенств. Релятивизация.   | ОПК-1 |
| 9. Неравенство Фано. Его прикладной смысл.  | ОПК-1 |
| 10. Кодирование по частотам диграмм.  | ОПК-1 |
| 11. Теорема Вольфа, Слятина.  | ОПК-1 |
| 12. Теорема о пропускной способности канала с шумом.  | ОПК-1 |
| 13. Сложность и понятие информации по Колмогорову.  | ОПК-1 |
| 14. Невычислимость количества информации по Колмогорову. Линейность в среднем информации по Колмогорову.  | ОПК-1 |

### 5.2.3. Типовые задачи для оценки сформированности компетенции ОПК-1

1. Дайте нижнюю и верхнюю информационные оценки количества сравнений, нужных для сортировки массива из  $N$  чисел.
2. Алиса загадывает число от 1 до 1000. Боб пытается отгадать загаданное Алисой число задавая любые вопросы с ответами «ДА» и «НЕТ». Причем за ответ «ДА» Алиса берет у боба 1 монету а за ответ «НЕТ» - 2 монеты. Как Боб должен задавать вопросы, чтобы сэкономить как можно больше денег.

### 5.2.4. Типовые задачи для оценки сформированности компетенции УК-1

Задано совместное распределение случайных величин (с.в.)  $A$  и  $B$ , принимающих значения из множества  $\{0,1\}$ .

|                 |     |     |
|-----------------|-----|-----|
| $A \setminus B$ | 0   | 1   |
| 0               | 1/4 | 1/8 |
| 1               | 1/8 | 1/2 |

1. Найдите энтропию с.в.  $A$ . ( $H(A) = ?$ )
2. Найдите энтропию с.в.  $B$ . ( $H(B) = ?$ )
3. Найдите энтропию пары с.в.  $\langle A, B \rangle$ . ( $H(A, B) = ?$ )
4. Найдите условную энтропию  $A$  относительно  $B$ . ( $H(A|B) = ?$ )
5. Найдите условную энтропию  $B$  относительно  $A$ . ( $H(B|A) = ?$ )

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Н.К. Верещагин, Е.В. Щепин. Информация, кодирование, предсказание / Москва, ФМОП МЦНМО, 2012. <https://e.lanbook.com/book/71863#authors>

б) дополнительная литература:

2. Осокин А. Н., Мальчуков А. Н. Теория информации./ М: издательство Юрайт, 2019 – 205с. <https://biblio-online.ru/viewer/teoriya-informacii-434040#page/1>

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

1. Видео курс по коммуникационной сложности, автор Н.К. Верещагин, <https://www.lektorium.tv/course/22755>.

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

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой (лекционного 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 ОС ННГУ 02.03.02  
Фундаментальная информатика и информационные технологии.

Автор (ы) \_\_\_\_\_ Д.В.Грибанов

Рецензент (ы) \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Н.Ю. Золотых

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