

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 президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Помехоустойчивое кодирование

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Направление подготовки / специальность

01.03.02 - Прикладная математика и информатика

Направленность образовательной программы

Прикладная математика и информатика (общий профиль)

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.11.02 Помехоустойчивое кодирование относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

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 | Для текущего контроля успеваемости | Для промежуточной аттестации |
| 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 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 ПК-4.3: Имеет практический опыт научно-исследовательской деятельности, а именно решения научных задач в соответствии с поставленной целью и выбранной методикой | ПК-4.1: Знает важнейшие математические модели коммуникации в условиях помех, относящиеся к ним выводы теории информации, основные понятия и важнейшие факты из алгебры и комбинаторики, применяемые для анализа и построения помехоустойчивых кодов, конструкции наиболее известных кодов, примеры алгоритмов кодирования и декодирования. ПК-4.2: Умеет анализировать свойства кодов, выполнять простые варианты алгоритмов декодирования. ПК-4.3: Владеет аппаратом комбинаторики, теории логических функций, конечных полей. | Тест | Зачёт: Контрольные вопросы |

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

| | |
|--|--------------------------|
| | очная |
| Общая трудоемкость, з.е. | 2 |
| Часов по учебному плану | 72 |
| в том числе | |
| аудиторные занятия (контактная работа): | |
| - занятия лекционного типа | 24 |
| - занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы) | 12 |
| - КСР | 1 |
| самостоятельная работа | 35 |
| Промежуточная аттестация | 0 Зачёт |

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

| Наименование 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 (практические занятия/лабораторные работы), часы | Всего | |
| | | | | | |
| | 0 ф 0 | 0 ф 0 | 0 ф 0 | 0 ф 0 | 0 ф 0 |
| 1. Введение в теорию помехоустойчивых кодов | 3 | 2 | | 2 | 1 |
| 2. Основные понятия теории помехоустойчивых кодов | 12 | 4 | 2 | 6 | 6 |
| 3. Линейные коды. | 12 | 4 | 2 | 6 | 6 |
| 4. Элементы теории конечных полей. Существование и построение конечных полей. Первообразные элементы. Вычисления в конечных полях. Решение алгебраических уравнений. | 12 | 4 | 2 | 6 | 6 |
| 5. Циклические коды. Элементы общей теории циклических кодов. Циклический код как идеал кольца многочленов. Порождающий и проверочный многочлены. Оценка кодового расстояния. Примеры реально используемых кодов. | 20 | 6 | 4 | 10 | 10 |
| 6. Коды Боуза-Чоудхури-Хоквингема. Оценки размерности и корректирующей способности кодов БЧХ. Декодирование кодов БЧХ. | 12 | 4 | 2 | 6 | 6 |
| Аттестация | 0 | | | | |
| КСР | 1 | | | 1 | |
| Итого | 72 | 24 | 12 | 37 | 35 |

Содержание разделов и тем дисциплины

1. Введение в теорию помехоустойчивых кодов

Модель канала с шумом. Пропускная способность канала. Теорема Шеннона для канала с шумом (без

доказательства).

2. Основные понятия теории помехоустойчивых кодов

Основные параметры кода. Постановка задачи помехоустойчивого кодирования. Расстояние Хэмминга, кодовое расстояние. Примеры простейших помехоустойчивых кодов. Коды Хэмминга. Границы Хэмминга, Плоткина, Варшамова-Гилберта.

3. Линейные коды

Порождающая и проверочная матрицы. Критерий помехоустойчивости. Коды, исправляющие одиночные ошибки. Операции над кодами. Коды Рида-Маллера.

4. Элементы теории конечных полей

Существование и построение конечных полей. Первообразные элементы. Вычисления в конечных полях. Решение алгебраических уравнений.

5. Циклические коды

Элементы общей теории циклических кодов. Циклический код как идеал кольца многочленов. Порождающий и проверочный многочлены. Оценка кодового расстояния. Примеры реально используемых кодов.

6. Коды Боуза-Чоудхури-Хоквингема

Оценки размерности и корректирующей способности кодов БЧХ. Декодирование кодов БЧХ.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используются:

- электронный курс "Помехоустойчивое кодирование (ПМИ, ФИИТ) 4 курс (Спецкурс)" (<https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=3067>).

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ПК-4:

Какие из следующих утверждений верны?

1. Поле порядка n существует тогда и только тогда, когда n – простое число.
2. Скорость передачи любого кода, исправляющего 3 ошибки, меньше, чем скорость передачи любого кода, исправляющего 2 ошибки.
3. Полином $t^6 + t + 1$ неприводим над полем $GF(2)$.
4. Если код исправляет две ошибки, то его скорость передачи не больше 0,5.
5. Для любого t существует код БЧХ, исправляющий t ошибок и имеющий скорость передачи не менее 0,9.

Критерии оценивания (оценочное средство - Тест)

| Оценка | Критерии оценивания |
|------------|--|
| зачтено | Тестовые задания выполнены с итоговым результатом не менее 50 баллов. |
| не зачтено | Тестовые задания выполнены с итоговым результатом менее 50 баллов, либо тест не был выполнен совсем. |

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

| Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения 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 несущественных ошибок | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет. | 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 и несущественными 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 базовых навыков. Невозможность оценить наличие | При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые | Имеется минимальный набор навыков для | Продemonстрированы базовые навыки при решении | Продemonстрированы базовые навыки при решении | Продemonстрированы навыки при решении | Продemonстрирован творческий подход к решению |

| | | | | | | | |
|--|--|-----------------------------------|--|--|--|--|---------------------|
| | навыков вследствие отказа обучающегося от ответа | навыки. Имели место грубые ошибки | решения стандартных задач с некоторым и недочетами | стандартных задач с некоторым и недочетами | стандартных задач без ошибок и недочетов | нестандартных задач без ошибок и недочетов | нестандартных задач |
|--|--|-----------------------------------|--|--|--|--|---------------------|

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

| Оценка | | Уровень подготовки |
|------------|---------------------|--|
| зачтено | превосходно | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой |
| | отлично | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично». |
| | очень хорошо | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо» |
| | хорошо | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «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». |
| | плохо | Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо» |

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-4

1. Определения группы, кольца, поля.
2. Конечное поле – условие существования, построение, единственность.
3. Выполнение арифметических операций в конечных полях. Первообразные элементы.
4. Решение квадратного уравнения в поле характеристики 2.
5. Основные параметры помехоустойчивых кодов.
6. Задача построения помехоустойчивого кода, её геометрическая интерпретация.
7. Граница Хэмминга.

8. Граница Плоткина.
9. Граница Варшавова-Гилберта.
10. Линейный код. Порождающая и проверочная матрицы.
11. Определение параметров линейного кода по проверочной матрице.
12. Линейный код в систематической форме. Алгоритм кодирования.
12. Код Хэмминга. Алгоритм декодирования.
13. Сложность декодирования линейного кода в общем случае.
14. Код Рида-Маллера.
15. Циклический код, декодирование и исправление ошибок.
16. Декодирование кода БЧХ, исправляющего две ошибки.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

| Оценка | Критерии оценивания |
|------------|---|
| зачтено | Студент дал развернутый ответ на все вопросы без существенных ошибок. |
| не зачтено | При ответе студент допускает грубые ошибки в основном материале. |

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Жильцова Лариса Павловна. Основы теории графов и теории кодирования в примерах и задачах : учебно-методическое пособие / Л. П. Жильцова, Т. Г. Смирнова ; ННГУ им. Н. И. Лобачевского. - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2017. - 64 с. - Текст : электронный., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=822924&idb=0>.
2. Циклические коды. Ч. 1. Циклические коды : учебное пособие. - Санкт-Петербург : СПбГУТ им. М.А. Бонч-Бруевича, 2013. - 94 с. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции СПбГУТ им. М.А. Бонч-Бруевича - Инженерно-технические науки., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=780704&idb=0>.
3. Сидельников В. М. Теория кодирования / Сидельников В. М. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2008. - 324 с. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ФИЗМАТЛИТ - Математика. - ISBN 978-5-9221-0943-7., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=665788&idb=0>.
4. Гашков Сергей Борисович. Дискретная математика : учебник и практикум для вузов / С. Б. Гашков, А. Б. Фролов. - 4-е изд. - Москва : Юрайт, 2023. - 530 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-534-17718-3. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?>

Action=FindDocs&ids=891359&idb=0.

Дополнительная литература:

1. Шоломов Л. А. Основы теории дискретных логических и вычислительных устройств / Шоломов Л. А. - 3-е изд., испр. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 432 с. - Допущено УМО по классическому университетскому образованию в качестве учебного пособия для студентов вузов, обучающихся по направлению ВПО 010500 — «Прикладная математика и информатика» и 010400 — «Информационные технологии». - Книга из коллекции Лань - Математика. - ISBN 978-5-8114-1197-9., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=799731&idb=0>.
2. Цымбал Владимир Петрович. Теория информации и кодирование : [учебник для экон. вузов]. - 3-е изд., перераб. и доп. - Киев : Вища школа, 1982. - 304 с. : ил. - 0.80., 45 экз.

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

Электронный управляемый курс "Помехоустойчивое кодирование (ПМИ, ФИИТ) 4 курс (Спецкурс)" <https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=3067>.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), 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 по направлению подготовки 01.03.02 - Прикладная математика и информатика.

Автор(ы): Смирнова Татьяна Геннадьевна, кандидат физико-математических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Золотых Николай Юрьевич, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 13.12.2023, протокол № 3.