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

УТВЕРЖДАЮ

Директор \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_В.П. Гергель

**Рабочая программа дисциплины**

**Помехоустойчивое кодирование**

Уровень высшего образования

**Бакалавриат**

Направление подготовки

**01.03.02 Прикладная математика и информатика**

Направленность образовательной программы

**Прикладная математика и информатика (общий профиль)**

Квалификация (степень)

**Бакалавр**

Форма обучения

**очная**

Нижний Новгород

2018

**1. Место и цели дисциплины в структуре ОПОП.**

Дисциплина «Помехоустойчивое кодирование» относится к вариативной части ОПОП (Б1.В.ДВ.11.02), является дисциплиной по выбору, изучаемой на 4-м году обучения в 8-м семестре.

**Целями освоения дисциплины являются:**

Дать студентам конкретный и яркий пример применения абстрактных математических теорий (комбинаторика, конечные поля, полиномиальные кольца) к решению практических проблем, способствовать формированию у них математической культуры и навыков построения математических моделей реальных явлений.

**2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)**

|  |  |
| --- | --- |
| *Формируемые компетенции*(код компетенции, уровень освоения – при наличии в карте компетенции) | *Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций* |
| *ОПК-4*  *Способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности.* | *З1(ОПК-4) Знать 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.*  *У1(ОПК-4) Уметь анализировать свойства кодов, выполнять простые варианты алгоритмов декодирования.* |
| *ПК-2*  *способностью понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат.* | *У1(ПК-2)* *Уметь**применять аппарат алгебры и дискретной математики к анализу свойств кодов, выполнению алгоритмов кодирования и декодирования.*  *В1(ПК-2) Владеть аппаратом комбинаторики, теории логических функций, конечных полей.* |

**3. Структура и содержание дисциплины «Помехоустойчивое кодирование»**

Объем дисциплины составляет 2 зачетные единицы, всего 72 ч., из которых 31 ч. составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (20 ч. занятий лекционного типа, 10 ч. занятий семинарского типа, 1 ч. промежуточной аттестации), 41 ч. составляет самостоятельная работа обучающегося.

**Содержание дисциплины**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины,*  *форма промежуточной аттестации по дисциплине* | *Часов* | | | | | | |
| *Всего* | *В том числе* | | | | | |
| *Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы*  *из них* | | | | | *Самостоятельная работа обучающегося* |
| *Занятия лекционного типа* | *Занятия семинарского типа* | *Занятия лабораторного типа* | *Консультации* | *Всего* |
| **Теоретико-информационное введение.**  Модель канала с шумом. Пропускная способность канала. Теорема Шеннона для канала с шумом (без доказательства). | 6 | 2 |  |  |  | 2 | 4 |
| **Комбинаторное введение в теорию помехоустойчивых кодов.**  Основные параметры кода. Постановка задачи помехоустойчивого кодирования. Границы Хэмминга, Плоткина, Варшамова-Гилберта. Оценки Чернова для биномиальных сумм и асимптотическое сравнение границ. | 14 | 4 | 2 |  |  | 6 | 8 |
| **Линейные коды.** Порождающая и проверочная матрицы. Критерий помехоустойчивости. Коды, исправляющие одиночные ошибки. Операции над кодами. Коды Рида-Маллера. Декодирование линейных кодов. | 14 | 4 | 2 |  |  | 6 | 8 |
| **Элементы теории конечных полей.**  Существование и построение конечных полей. Первообразные элементы. Вычисления в конечных полях. Решение алгебраических уравнений. | 14 | 4 | 2 |  |  | 6 | 8 |
| **Коды БЧХ.**  Оценки размерности и корректирующей способности кодов БЧХ. Декодирование кодов БЧХ. | 12 | 2 | 2 |  |  | 6 | 6 |
| **Циклические коды.** Элементы общей теории циклических кодов. Циклический код как идеал кольца многочленов. Порождающий и проверочный многочлены. Оценка кодового расстояния. Примеры реально используемых кодов. | 13 | 4 | 2 |  |  | 6 | 7 |
| **В т.ч. текущий контроль** | 2 |  |  |  |  |  |  |
| **Промежуточная аттестация: зачет** | | | | | | | |

**4. Образовательные технологии**

Используются образовательные технологии в форме лекций и семинарских занятий.

**5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

**5.1. Виды самостоятельной работы студентов:**

* изучение литературы и проработка теоретического материала;
* подготовка домашних заданий к практическим занятиям;
* выполнение контрольных работ;
* подготовка к зачету.

**5.2. Образовательные материалы для самостоятельной работы студентов**

Для самостоятельной работы можно использовать материалы, представленные в разделе 7.

**5.3. Вопросы для самоконтроля**

1. Существует ли поле характеристики а) 7? б) 8? в) 9?

1. Существует ли поле порядка а) 25? б) 26? в) 27?

2. Всегда ли можно извлечь квадратный корень из элемента поля а) GF(52)? б) GF(25)?

3. Может ли квадратное уравнение в поле характеристики 2 а) не иметь корней? б) иметь единственный корень?

4. Может ли код с длиной слова 10, состоящий из не менее чем двух слов, исправлять а) 5 ошибок? б) 4 ошибки?

5. Может ли код с длиной слова 10, состоящий из не менее чем трех слов, исправлять а) 4 ошибки? б) 3 ошибки?

6. Как изменится скорость передачи кода с длиной слова 100, если его мощность увеличится вдвое?

7. Что получится, если умножить проверочную матрицу линейного кода на его порождающую матрицу?

8. Каково кодовое расстояние кода, заданного проверочной матрицей с 5 строками и 10 различными столбцами, каждый из которых содержит а) ровно 2 единицы? б) ровно 3 единицы?

9. Верно ли, что задача декодирования линейного кода может быть в общем случае решена за полиномиальное время?

10. Верно ли, что декодирование кода Хэмминга может быть выполнено за время , где – длина кода?

11. Какой может быть наименьшая длина слова у кода БЧХ, исправляющего 3 ошибки?

12. Сколько слов в коде БЧХ с длиной слова 15, исправляющем 2 ошибки?

**5.4. Вопросы, выносимые на зачет**

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, ее геометрическая интерпретация.

7. Граница Хэмминга.

8. Граница Плоткина.

9. Граница Варшамова-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. Код БЧХ.

16. Декодирование кода БЧХ, исправляющего две ошибки.

17. Циклический код, порождающий и проверочный многочлены.

**6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

**6.1. Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования.**

***Оценка уровня формирования компетенции ОПК-4***

Уровень сформированности компетенции ОПК-4 проверяется на аудиторных практических занятиях и при выполненииконтрольных работ. Уровню сформированности компетенции ОПК-4 дается экспертная оценка преподавателем. Оценка не исчисляется в баллах, а носит качественный характер. Уровень сформированности компетенции ОПК-4 можно охарактеризовать терминами: «недостаточный», «низкий», «умеренный», «достаточный», «высокий».

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *Показатели обучения, характеризующие ОПК-4 – Способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности.* | *Показатели уровня формирования компетенции* | *Характеристика уровня формирования компетенции* |
| **ЗНАТЬ**  З1(ОПК4) Знать 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.  **УМЕТЬ**  У1(ОПК-4) Уметь анализировать свойства кодов, выполнять простые варианты алгоритмов декодирования. | Отсутствие знаний базового материала, отсутствие способности решения стандартных задач. | Недостаточный. |
| Наличие грубых ошибок в основном материале, наличие грубых ошибок при решении стандартных задач. | Низкий |
| Знаниеосновных понятий, фактов и методов, но со значительным количеством ошибок не грубого характера. Демонстрация умений на уровне У1 с рядом негрубых ошибок. | Умеренный |
| Знаниеосновных понятий, фактов и методов с рядом погрешностей. Демонстрация умений У1 с незначительными погрешностями. | Достаточный |
| Знание З1 без ошибок и погрешностей. Демонстрация умений У1. | Высокий |

***Оценка уровня формирования компетенции ПК-2***

Уровень сформированности компетенции ПК-2 проверяется на аудиторных практических занятиях и при выполненииконтрольных работ. Уровню сформированности компетенции ПК-2 дается экспертная оценка преподавателем. Оценка не исчисляется в баллах, а носит качественный характер. Уровень сформированности компетенции ПК-2 можно охарактеризовать терминами: «недостаточный», «низкий», «умеренный», «достаточный», «высокий».

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *Показатели обучения, характеризующие ПК-2 – способность понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат.* | *Показатели уровня формирования компетенции* | *Характеристика уровня формирования компетенции* |
| **УМЕТЬ**  У1(ПК-2)Уметьприменять аппарат алгебры и дискретной математики к анализу свойств кодов, выполнению алгоритмов кодирования и декодирования.  **ВЛАДЕТЬ**  В1(ПК-2) Владеть аппаратом комбинаторики, теории логических функций, конечных полей. | Полное отсутствие умений и навыков. | Недостаточный. |
| Наличие грубых ошибок при решении задач. | Низкий |
| Умение применять математический аппарат при решении стандартных задач с негрубыми ошибками | Умеренный |
| Уверенное владение математическим аппаратом с незначительными погрешностями | Достаточный |
| Демонстрация У1 и В1 без ошибок и погрешностей. | Высокий |

**6.2. Описание шкал оценивания**

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в виде зачета.

Зачет принимается по результатам контрольных работ и тестирования. В случае неудовлетворительных результатов тестирования проводится собеседование по теоретическим вопросам, указанным в разделе 5.4.

Шкала оценивания при промежуточной аттестации в форме зачета:

|  |  |
| --- | --- |
| **Оценка** | **Уровень подготовки** |
| Зачтено | Выполнены задания письменной контрольной работы без грубых ошибок, дано не менее 3 правильных ответов на 5 тестовых вопросов или не менее 2 правильных ответов на 3 теоретических вопроса. |
| Не зачтено | Не выполнены или выполнены с грубыми ошибками задания контрольной работы или дано менее 3 правильных ответов на 5 тестовых вопроов и менее 2 правильных ответов на 3 теоретических вопроса. |

**6.3. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине, характеризующих этапы формирования компетенций**

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используется тестирование и индивидуальное собеседование по теоретическим вопросам на зачете.

Для оценивания результатов обучения в виде умений и владений используется письменная контрольная работа.

**6.4. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции**

Типовой пример тестового задания

Какие из следующих утверждений верны?

1. Поле порядка существует тогда и только тогда, когда – простое число. (–)

2. В поле для каждого элемента существует кубичный корень. (+)

3. Полином неприводим над полем . (+)

4. Если код исправляет две ошибки, то его скорость передачи не больше 0,5. (–)

5. Для любого существует код БЧХ, исправляющий ошибок и имеющий скорость

передачи не менее 0,9. (+)

Типовые примеры заданий для контрольной работы

1. Линейный код задан проверочной матрицей

а) Определите число слов в коде и кодовое расстояние.

б) Приведите код к систематической форме.

в) Постройте таблицу декодирования.

г) Декодируйте сообщение 010100010.

2. Декодируйте сообщение 011000000101010, закодированное с помощью кода БЧХ, исправляющего 2 ошибки и построенного на основе первообразного элемента в поле вычетов по модулю полинома .

3. По данному порождающему многочлену циклического кода длины 15

а) постройте проверочную матрицу кода;

б) декодируйте сообщение 111110000000000.

**6.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания.**

Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ от 13.02.2014.

<http://www.unn.ru/pages/general/norm-acts/attest_stud%202014.pdf>

Положение о фонде оценочных средств, утвержденное приказом ректора ННГУ от 10.06.2015 №247-ОД.

**7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

**а) Основная литература**

1. [Марков А.А.](http://padabum.com/search.php?author=%D0%9C%D0%B0%D1%80%D0%BA%D0%BE%D0%B2%20%D0%90.%D0%90.) Введение в теорию кодирования.  М.: Наука, 1982.– 192 с.

(46 экз.)

2. Сидельников В.М. Теория кодирования. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 324 с. <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922109437.html>

**б) Дополнительная литература**

1. Редькин Н.П. Дискретная математика. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009.– 264 с. (10 экз.)

<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922110938.html>

2. Стариченко Б.Е. Теоретические основы информатики. М.: Горячая линия - Телеком, 2016. – 400 с. <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785991204620.html>

3. Белов В.М., Новиков С.Н., Солонская О.И. Теория информации. Курс лекций. М.: Горячая линия - Телеком, 2012. – 143 с. <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785991202374.html>

**8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа (оснащенные проектором, ноутбуком, экраном), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ННГУ. Наличие рекомендованной литературы.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика»

Автор \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ д.ф.-м.н. В.Е. Алексеев

Рецензент\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Зав кафедрой АГиДМ, д.ф.м.н., проф. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Кузнецов М.И.

Программа одобрена на заседании методической комиссии Института информационных технологий, математики и механики ННГУ им. Н.И. Лобачевского