

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 ученого совета ННГУ  
протокол от  
«30» ноября 2022 г. № 13

## **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)**

Форма обучения

**очная**

Нижний Новгород  
2023

## 1. Место и цели дисциплины в структуре ООП

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений.

Код дисциплины Б1.В.ДВ.11.02 Помехоустойчивое кодирование

№ варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
2	Блок 1. Дисциплины (модули) Часть, формируемая участниками образовательных отношений	Дисциплина Б1.В.ДВ.11.02 Помехоустойчивое кодирование относится к части ООП направления подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика», 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**	
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	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.	Собеседование  Задачи Тест
	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	Умеет анализировать свойства кодов, выполнять простые варианты алгоритмов декодирования.	Собеседование  Задачи
	ПК-4.3. Имеет практический опыт научно-исследовательской деятельности, а именно решения научных задач в соответствии с поставленной целью и выбранной методикой	Владеет аппаратом комбинаторики, теории логических функций, конечных полей.	Собеседование  Задачи

## 3. Структура и содержание дисциплины

### 3.1. Трудоемкость дисциплины

	Очная форма обучения
Общая трудоемкость	2 ЗЕТ
Часов по учебному плану	72
в том числе	
контактная работа:	37
- занятия лекционного типа	24
- занятия семинарского типа	12
- текущий контроль (КСР)	1
самостоятельная работа	35
Промежуточная аттестация – зачет	

### Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Часов						
	Всего	В том числе					Самостоятельная работа
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них					
		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).	5	2				2	3
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.	10	4	2			6	4

<b>Линейные коды.</b> Порождающая и проверочная матрицы. Критерий помехоустойчивости. Коды, исправляющие одиночные ошибки. Операции над кодами. Коды Рида-Маллера. Декодирование линейных кодов.	16	4	4			8	8
<b>Элементы теории конечных полей.</b> Существование и построение конечных полей. Первообразные элементы. Вычисления в конечных полях. Решение алгебраических уравнений.	12	4	2			6	6
<b>Коды БЧХ.</b> Оценки размерности и корректирующей способности кодов БЧХ. Декодирование кодов БЧХ.	12	4	2			6	6
<b>Циклические коды.</b> Элементы общей теории циклических кодов. Циклический код как идеал кольца многочленов. Порождающий и проверочный многочлены. Оценка кодового расстояния. Примеры реально используемых кодов.	16	6	2			8	8
<b>Текущий контроль (КСР)</b>	1					1	
<b>Промежуточная аттестация: зачет</b>							
<b>Итого</b>	72	24	12			37	35

Текущий контроль успеваемости реализуется в форме опросов на занятиях семинарского типа. Промежуточная аттестация проходит в традиционной форме (зачет).

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

Самостоятельная работа студентов состоит в выполнении домашних заданий и контрольных работ, изучении рекомендованной литературы.

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используется электронный курс (Помехоустойчивое кодирование, <https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=3067>), созданный в системе электронного обучения ННГУ - <https://e-learning.unn.ru/>.

#### 5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине

##### 5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформирован	Шкала оценивания сформированности 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, без ошибок.	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 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 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
Определения группы, кольца, поля.	ПК-4
2. Конечное поле – условие существования, построение, единственность.	ПК-4
3. Выполнение арифметических операций в конечных полях. Первообразные элементы.	ПК-4
4. Решение квадратного уравнения в поле характеристики 2.	ПК-4
5. Основные параметры помехоустойчивых кодов.	ПК-4
6. Задача построения помехоустойчивого кода, ее геометрическая интерпретация.	ПК-4
7. Граница Хэмминга.	ПК-4
8. Граница Плоткина.	ПК-4
9. Граница Варшамова-Гилберта.	ПК-4
10. Линейный код. Порождающая и проверочная матрицы.	ПК-4
11. Определение параметров линейного кода по проверочной матрице.	ПК-4
12. Линейный код в систематической форме. Алгоритм кодирования.	ПК-4
12. Код Хэмминга. Алгоритм декодирования.	ПК-4
13. Сложность декодирования линейного кода в общем случае.	ПК-4
14. Код Рида-Маллера.	ПК-4
15. Код БЧХ.	ПК-4
16. Декодирование кода БЧХ, исправляющего две ошибки.	ПК-4

### 5.2.2. Вопросы для собеседования для оценки сформированности компетенции ПК-4

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)  $GF(5^2)$ ? б)  $GF(2^5)$ ?
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  $O(n \log n)$ , где  $n$  – 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?

### 5.2.3. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции ПК-4

#### Пример контрольной работы

Вариант 1

1. Линейный код задан проверочной матрицей

$$H = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

- 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  $t$  в поле вычетов по модулю полинома  $t^4 + t + 1$ .
3. По данному порождающему многочлену  $t^2 + t + 1$  циклического кода длины 15
- а) постройте проверочную матрицу кода;
  - б) декодируйте сообщение 111110000000000.

### 5.3.4. Пример тестовых заданий для оценки компетенции ПК-4

Вариант 1

Какие из следующих утверждений верны?

1. Поле порядка  $n$  существует тогда и только тогда, когда  $n$  – простое число.
2. В поле  $GF(41)$  для каждого элемента существует кубический корень.
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.

## **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **а) Основная литература**

1. Марков А.А. 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>

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

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, 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 ННГУ.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ 01.03.02 Прикладная математика и информатика.

Автор: д.ф.-м.н., доц. кафедры АГиДМ Алексеев В.Е.

Рецензент: д.т.н., профессор НГТУ им. Р.Е. Алексеева Ломакина Л.С.

Зав. кафедрой АГиДМ: д.ф.-м.н. Золотых Н.Ю.

Программа одобрена на заседании методической комиссии института информационных технологий, математики и механики

от 30 ноября 2022 года, протокол № 3.