

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 № 10 от 02.12.2024 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

2025 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

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

### 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:

Электронные курсы, созданные в системе электронного обучения ННГУ:

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:

Вопрос 1. Верно ли высказывание?

1. Скорость передачи линейного кода равна отношению числа информационных разрядов к длине слова.  
{+}

2. Скорость передачи линейного кода равна отношению кодового расстояния к длине кодового слова.  
{-}

3. Скорость передачи любого кода, исправляющего 3 ошибки, меньше, чем скорость передачи любого кода, исправляющего 2 ошибки. {-}

4. Скорость передачи линейного кода равна отношению числа информационных разрядов к числу проверочных. {-}

5. Существует код с длиной слова 127, исправляющий 65 ошибок. {-}

Вопрос 2.

1. Определить по методу Хэмминга кодовое слово для сообщения 0001. { $\sim 1001001 = 1101001 \sim 0101001 \sim 1101011$ }

2. Определить по методу Хэмминга кодовое слово для сообщения 0010. { $\sim 1001010 = 0101010 \sim 0101001 \sim 1101010$ }

3. Определить по методу Хэмминга кодовое слово для сообщения 0011. { $= 1000011 \sim 1001011 \sim 0101011 \sim 1101011$ }

4. Определить по методу Хэмминга кодовое слово для сообщения 0100. { $= 1001100 \sim 1010100 \sim 0101100 \sim 1101100$ }

5. Определить по методу Хэмминга кодовое слово для сообщения 0101. { $= 0100101 \sim 1001101 \sim 0101101 \sim 1100101$ }

Вопрос 3.

1. По каналу связи, искажающему слово не более чем в одном разряде, передавалось кодовое слово, построенное по методу Хэмминга.

Определить в каком разряде произошла ошибка, если после передачи было получено слово 0010101000. { $= 1 \sim 2 \sim 4 \sim 7$ }

2. По каналу связи, искажающему слово не более чем в одном разряде, передавалось кодовое слово, построенное по методу Хэмминга.

Определить в каком разряде произошла ошибка, если после передачи было получено слово 1110101000. { $= 2 \sim 10 \sim 4 \sim 7$ }

3. По каналу связи, искажающему слово не более чем в одном разряде, передавалось кодовое слово, построенное по методу Хэмминга.

Определить в каком разряде произошла ошибка, если после передачи было получено слово 1000101000. { $= 3 \sim 2 \sim 10 \sim 7$ }

4. По каналу связи, искажающему слово не более чем в одном разряде, передавалось кодовое слово, построенное по методу Хэмминга.

Определить в каком разряде произошла ошибка, если после передачи было получено слово 1011101000. { $= 4 \sim 2 \sim 1 \sim 7$ }

5. По каналу связи, искажающему слово не более чем в одном разряде, передавалось кодовое слово, построенное по методу Хэмминга.

Определить в каком разряде произошла ошибка, если после передачи было получено слово 1010001000.  
{=5 ~9 ~4 ~7}

Вопрос 4.

1. Решите систему в поле  $F_5$  (Ответ в формате x.y.z)

$$2x+y+z=1;$$

$$x+4y+z=1;$$

$$3x+2y+2z=3. \quad \{=4.3.0\}$$

2. Решите систему в поле  $F_7$  (Ответ в формате x.y.z)

$$2x+y+z=3;$$

$$x+4y+z=0;$$

$$3x+2y+2z=0. \quad \{=4.3.5\}$$

3. Решите систему в поле  $F_{11}$  (Ответ в формате x.y.z)

$$3x+2y+5z=5;$$

$$x+4y+z=5;$$

$$5x+y+4z=4. \quad \{=3.2.5\}$$

4. Решите систему в поле  $F_7$  (Ответ в формате x.y.z)

$$3x+2y+5z=3;$$

$$x+4y+z=2;$$

$$5x+y+4z=2. \quad \{=3.2.5\}$$

5. Решите систему в поле  $F_{11}$  (Ответ в формате x.y.z)

$$2x+y+5z=0;$$

$$x+4y+z=5;$$

$$5x+y+4z=4. \quad \{=3.2.5\}$$

**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 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 навыков вследствие отказа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

	обучающегося от ответа		некоторым и недочетами	и недочетами	недочетов	ошибок и недочетов	
--	---------------------------	--	------------------------------	-----------------	-----------	-----------------------	--

### 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 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. 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/специальности 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 02.12.2024, протокол № 5.