

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»**

Радиофизический факультет

(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО  
решением ученого совета ННГУ  
протокол от  
«20» апреля 2021 г. № 1

## **Рабочая программа дисциплины**

Основы помехоустойчивого кодирования

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

специалитет

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

10.05.02 Информационная безопасность телекоммуникационных систем

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

Системы подвижной цифровой защищенной связи

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения

очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород

2021 год

## 1. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина Б1.О.19 «Основы помехоустойчивого кодирования» относится к дисциплинам обязательной части ООП специальности 10.05.02 «Информационная безопасность телекоммуникационных систем»

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

| Формируемые компетенции<br>(код, содержание компетенции)   | Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции  |  | Наименование оценочного средства                                     |
|--|--|--|--|
|  | Индикатор достижения компетенции*<br>(код, содержание индикатора)  | Результаты обучения по дисциплине**  |  |
| ОПК-11. Способен применять положения теории в области электрических цепей, радиотехнических сигналов, распространения радиоволн, кодирования, электрической связи, цифровой обработки сигналов для решения задач профессиональной деятельности | ОПК-11.1. Знает:<br>- виды модуляции сигналов<br>- математические модели сигналов<br>- принципы построения систем связи<br>- методы представления сообщений, сигналов и помех<br>- преобразование сигналов в каналах связи<br>- основные понятия теории информации и кодирования: энтропия, взаимная информация, источники сообщений, каналы связи, коды | Знать основы теории помехоустойчивого кодирования, необходимые для реализации алгоритмов обработки сигналов и позволяющие разрабатывать беспроводные системы подвижной связи и средства их защиты              | Собеседование, контрольные вопросы, практические контрольные задания |
|  | ОПК-11.2. Умеет:<br>- выбирать статистические модели сигналов и помех<br>- вычислять теоретико-информационные характеристики источников  | Уметь использовать основы теории помехоустойчивого кодирования, необходимые для реализации алгоритмов обработки сигналов и позволяющие разрабатывать беспроводные системы подвижной связи и средства их защиты | Собеседование, контрольные вопросы, практические контрольные задания |

|  |   |   |  |
|--|---|---|--|
|  | сообщений и каналов связи<br>- строить и изучать математические модели систем передачи информации для решения расчетных и исследовательских задач |   |  |
|  | ОПК-11.3. Владеет:<br>- навыками определения основных параметров помехоустойчивых кодов   | Владеть аппаратом основы теории помехоустойчивого кодирования, необходимым для реализации алгоритмов обработки данных | Собеседование, контрольные вопросы, практические контрольные задания |

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

|  | <b>очная форма<br/>обучения</b> | <b>очно-заочная<br/>форма<br/>обучения</b> | <b>заочная<br/>форма<br/>обучения</b> |
|--|---------------------------------|--|---------------------------------------|
| <b>Общая трудоемкость</b>  | <b>2 ЗЕТ</b>                    | <b>___ ЗЕТ</b>                             | <b>___ ЗЕТ</b>                        |
| <b>Часов по учебному плану</b>   | <b>72</b>                       |  |                                       |
| <b>в том числе</b>   |                                 |  |                                       |
| <b>аудиторные занятия (контактная работа):</b><br>- занятия лекционного типа<br>- занятия семинарского типа<br>( практические занятия / лабораторные работы) | <b>32</b>                       |  |                                       |
| <b>самостоятельная работа</b>  | <b>39</b>                       |  |                                       |
| <b>КСР</b>   | <b>1</b>                        |  |                                       |
| <b>Промежуточная аттестация – экзамен/зачет</b>  | <b>Зачет</b>                    |  |                                       |

### 3.2. Содержание дисциплины

| Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины  | Всего (часы) | в том числе  |                           |                            |       |   | Самостоятельная работа обучающегося, часы |
|--|--------------|--|---------------------------|----------------------------|-------|---|---|
|  |              | Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них |                           |                            |       |   |   |
|  |              | Занятия лекционного типа   | Занятия семинарского типа | Занятия лабораторного типа | Всего |   |   |
| Часть 1. Введение  | 2            | 2  |                           |                            | 2     |   |   |
| Часть 2. Основные критерии, применяемые при декодирование принятой последовательности  | 7            | 3  |                           |                            | 3     | 4 |   |
| Часть 3. Линейный блоковые коды, их представление и основные свойства  | 7            | 3  |                           |                            | 3     | 4 |   |
| Часть 4. Стандартное расположение и синдромное декодирование линейных блоковых кодов   | 7            | 4  |                           |                            | 4     | 3 |   |
| Часть 5. Циклические коды, их представление и основные свойства  | 8            | 3  |                           |                            | 3     | 5 |   |
| Часть 6. Возможные подходы реализации схем кодирования и декодирования циклических кодов   | 8            | 3  |                           |                            | 3     | 5 |   |
| Часть 7. Сверточные коды, их представление и свойства  | 8            | 4  |                           |                            | 4     | 4 |   |
| Часть 8. Декодирования сверточных кодов с помощью алгоритма Витерби. Практические аспекты их применения в современных системах связи | 8            | 3  |                           |                            | 3     | 5 |   |
| Часть 9. Декодирование по критерию максимума апостериорной информации  | 8            | 3  |                           |                            | 3     | 5 |   |
| Часть 10. Основные принципы  | 8            | 4  |                           |                            | 4     | 4 |   |

|  |    |    |  |  |    |    |
|--|----|----|--|--|----|----|
| построения и декодирования турбо кодов |    |    |  |  |    |    |
| Итого                                  | 71 | 32 |  |  | 32 | 39 |

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках индивидуальных консультаций

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

Используются виды самостоятельной работы студента: в читальном зале библиотеки, в учебных кабинетах, компьютерных классах с доступом к ресурсам Интернет и в домашних условиях. Порядок выполнения самостоятельной работы соответствует программе курса и контролируется в ходе проведения лекционных занятий и в конце курса при проведении экзамена по данной дисциплине. Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим рекомендованные учебники и учебно-методические пособия, а также конспекты лекций.

– во время лекций формулируются проблемы, которые студенты должны решить самостоятельно. На последующих лекциях проводится открытое обсуждение полученных результатов и даётся правильное решение.

– контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п.5.2. В случае необходимости проводятся индивидуальные консультации.

#### 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><br>Имели место грубые ошибки. | Минимально допустимый уровень знаний.<br><br>Допущено много негрубых ошибок. | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки.<br><br>Допущено несколько негрубых ошибок | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки.<br><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><br>Невозможность  | При решении стандартных задач не продемонстрировано                           | Продemonstrированы основные умения.  | Продemonstrированы все основные умения.  | Продemonstrированы все основные умения.  | Продemonstrированы все основные умения, решены                             | Продemonstrированы все основные умения, решены             |

|               |  |   |  |   |   |   |  |
|---------------|--|---|--|---|---|---|--|
|               | ть оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа   | ированы основные умения.<br><br>Имели место грубые ошибки.  | Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме. | Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. | Решены все основные задачи . Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. | ны все основные задачи с отдельными несущественным недочетами, выполнены все задания в полном объеме. | 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.<br><br>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  |
|-------------------|----------------------------|---|
|                   | <b>превосходно</b>         | 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 |
| <b>зачтено</b>    | <b>отлично</b>             | 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»  |
|                   | <b>очень хорошо</b>        | 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»  |
|                   | <b>хорошо</b>              | 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»  |
|                   | <b>удовлетворительно</b>   | 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»                                      |
| <b>не зачтено</b> | <b>неудовлетворительно</b> | Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»   |
|                   | <b>плохо</b>               | 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 |
|--|-----------------------------|
| 1. Синдромное декодирование линейных блочных кодов. Понятие синдрома. Стандартное расположение. Таблица синдромов.   | ОПК-11                      |
| 2. Определение циклического кода. Алгебраическая связь вектора и его циклического сдвига. Свойства циклических кодов. Порождающая матрица циклического кода. Систематические циклические коды. Декодирования по критерию максимума апостериорной информации. | ОПК-11                      |
| 3. Определение кодов Рида-Соломона. Построение и схемная реализация процедуры кодирования  | ОПК-11                      |
| 4. Декодирование сверточных кодов с мягкими решениями. Вычисление LLR для 16-QAM модуляции.  | ОПК-11                      |
| 5. Синдромное декодирование линейных блочных кодов. Понятие синдрома. Стандартное расположение. Таблица синдромов.   | ОПК-11                      |
| 6. Определение циклического кода. Алгебраическая связь вектора и его циклического сдвига. Свойства циклических кодов. Порождающая матрица циклического кода. Систематические циклические коды. Декодирования по критерию максимума апостериорной информации. | ОПК-11                      |
| 7. Определение кодов Рида-Соломона. Построение и схемная реализация процедуры кодирования  | ОПК-11                      |

### 5.2.2 Типовые задания для оценки сформированности компетенции ОПК-11

#### Задача 1

Для линейного двоичного (8, 4) кода уравнения для проверки на четности задаются следующими выражениями

$$v_0 = u_1 + u_2 + u_3$$

$$v_1 = u_0 + u_1 + u_2$$

$$v_2 = u_0 + u_1 + u_3$$

$$v_3 = u_0 + u_2 + u_3$$

где  $u_0, u_1, u_2, u_3$  информационные биты,  $v_0, v_1, v_2, v_3$  проверочные биты.

- Найти порождающую матрицу и проверочную матрицу данного кода
- Показать что минимальное расстояние данного кода равно 4
- Построить стандартное расположение для данного кода
- Вычислить таблицу синдромов

#### Задача 2

Порождающая матрица (6,3) двоичного кода равна

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

- а. Найти порождающие и проверочные матрицы эквивалентного систематического кода (два кода называются эквивалентными, если совпадают их кодовые слова)
- б. Определить число ошибок, которые может исправлять данный код

- c. Построить стандартное расположение для данного кода
- d. Построить таблицу синдромов

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

а) основная литература:

1. Давыдов А.В., Мальцев А.А. Введение в теорию помехоустойчивого кодирования <http://www.unn.ru/pages/ranking/method/vtpk.pdf>
2. Прокис, Джон Дж. Цифровая связь / Прокис Дж.; Пер. с англ. под ред. Кловского Д.Д. - М. : Радио и связь, 2000. - 797 с. : ил.; 30 см.; ISBN 5-256-01434-X

б) дополнительная литература:

1. Ермолаев В. Т., Флакман А. Г. Теоретические основы обработки сигналов в беспровод-ных системах связи: монография. - Н. Новгород: Изд-во ННГУ, 2011. - 368 с.
2. Беспроводные коммуникации: [пособие для студентов и аспирантов] / А. Голдсмит ; пер. с англ. Н. Л. Бирюкова, Н. Р. Триски ; под ред. В. А. Березовского. - Москва : Техносфера, 2011. - 903 с. : ил., табл.; 25 см. - (Мир радиоэлектроники; XVII-03).

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

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: *доска, проектор*.

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 ФГОС ВО по специальности 10.05.02 «Информационная безопасность телекоммуникационных систем».

Автор (ы) \_\_\_\_\_ А.В. Давыдов

Заведующий кафедрой  
статистической радиофизики и  
мобильных систем связи \_\_\_\_\_ А.А. Мальцев

Программа одобрена на заседании методической комиссии радиофизического факультета от «23» марта 2021 года, протокол № 02/21.