

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)

---

Нижегород

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 (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**	
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: - виды модуляции сигналов - математические модели сигналов - принципы построения систем связи - методы представления сообщений, сигналов и помех - преобразование сигналов в каналах связи - 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: - выбирать статистические модели сигналов и помех - 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	

	сообщений и каналов связи - строить и изучать математические модели систем передачи информации для решения расчетных и исследовательских задач		
	ОПК-11.3. Владеет: - 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 обучения</b>	<b>очно-заочная форма обучения</b>	<b>заочная форма 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> - занятия лекционного типа - занятия семинарского типа ( 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				Всего	
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	из них		
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. 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	При решении стандартных задач не продемонстрированы	Продемонстрированы основные умения.	Продемонстрированы все основные умения.	Продемонстрированы все основные умения.	Продемонстрированы все основные умения, решены	Продемонстрированы все основные умения, решены

	ть оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	ированы основные умения.  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.  Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продемонстрирован 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

<i>вопросы</i>	<i>Код формируемой компетенции</i>
1. Синдромное декодирование линейных блоковых 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 блоковых 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

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

- a. Найти порождающие и проверочные матрицы эквивалентного систематического кода (два кода называются эквивалентными, если совпадают их кодовые слова)
- b. 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 беспроводных 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.