

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Физический факультет

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета ННГУ
протокол № 4 от 26.04.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Методы передачи данных в системах цифровой связи

Уровень высшего образования
Магистратура

Направление подготовки / специальность
09.04.02 - Информационные системы и технологии

Направленность образовательной программы
Информационные технологии в системах космической связи и дистанционного
зондирования Земли

Форма обучения
очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.02 Методы передачи данных в системах цифровой связи 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
УК-2: Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	<p>УК-2.1: Знать: этапы жизненного цикла проекта; этапы разработки и реализации проекта; методы разработки и управления проектами</p> <p>УК-2.2: Уметь: работать в коллективе, разрабатывать проект с учетом анализа альтернативных вариантов его реализации, определять целевые этапы, основные направления работ; объяснить цели и сформулировать задачи, связанные с подготовкой и реализацией проекта; управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла</p> <p>УК-2.3: Владеть: методиками разработки и управления проектом; методами оценки потребности в ресурсах и эффективности проекта</p>	<p>УК-2.1: Знать этапы жизненного цикла проекта по передаче, приёму и анализу цифровых сигналов. Понимать необходимость этапов проектирования и тестирования.</p> <p>УК-2.2: Уметь выстраивать отношения с другими участниками команды в процессе разработки программного продукта. Уметь выбирать подходящие для решения поставленной задачи параметры. Уметь ставить задачу другим участникам разработки.</p> <p>УК-2.3: Владеть средствами визуального моделирования для представления информации о задаче и методах её распределения и решения.</p>	Практическое задание	Экзамен: Контрольные вопросы
ПК-15: Способен определять критерии эффективности, ограничения применимости информационных	<p>ПК-15.1: Знать: основные критерии эффективности</p> <p>ПК-15.2: Уметь: определять критерии эффективности, ограничения применимости информационных систем в</p>	ПК-15.1: Знать основные критерии эффективности передачи цифровой информации в системах связи	Практическое задание	Экзамен: Контрольные вопросы

систем в производственно-технологических задачах	производственно-технологических задачах ПК-15.3: Владеть: способами оценки критерии эффективности информационных систем в производственно-технологических задачах	ПК-15.2: Уметь выбирать критерии эффективности передачи данных для конкретной задачи и условий распространения радиосигналов ПК-15.3: Владеть методикой расчета критериев эффективности передачи данных по радиоканалам		
--------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	5
Часов по учебному плану	180
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	16
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	48
- КСР	2
самостоятельная работа	60
Промежуточная аттестация	54 Экзамен

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	
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о
Тема 1. Методы модуляции цифровых данных	46	4	12	16	30
Тема 2. Методы помехоустойчивого кодирования	57	8	24	32	25
Тема 3. Обобщённая информация о сетях подвижной связи	21	4	12	16	5

Аттестация	54				
КСР	2			2	
Итого	180	16	48	66	60

Содержание разделов и тем дисциплины

Тема 1. Методы модуляции цифровых данных

- 1.1. Виды модуляции
- 1.2. Частотная модуляция
- 1.3. Фазовая модуляция
- 1.4. Амплитудно-фазовая модуляция
- 1.5. Квадратурная амплитудная модуляция
- 1.6. Сигнальное кодирование

Тема 2. Методы помехоустойчивого кодирования

- 2.1. Код Грея
- 2.2. Коды 1-из-п, m-из-п
- 2.3. Код четности
- 2.4. М-последовательности
- 2.5. Код CRC
- 2.6. Код Хемминга
- 2.7. Свёрточные коды
- 2.8. Выкалывание
- 2.9. Декодирование свёрточных кодов - алгоритмы Фано и Витерби
- 2.10. Поля Галуа
- 2.11. Коды Рида-Соломона
- 2.12. Коды LDPC

Тема 3. Обобщённая информация о сетях подвижной связи

- 3.1. Поколения мобильной связи
- 3.2. Состав сотовой сети
- 3.3. Методы многостанционного доступа
- 3.4. Методы расширения спектра
- 3.5. Обзор системы связи IS-95

Практические занятия /лабораторные работы организуются, в том числе, в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

На проведение практических занятий / лабораторных работ в форме практической подготовки отводится: очная форма обучения - 64 ч.

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.

Методические материалы не используются.

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 - Практическое задание) для оценки сформированности компетенции УК-2:

1. Составление архитектуры системы кодирования и модуляции цифровой информации.
2. Выбор типа и параметров модуляции для передачи цифровой информации по каналу связи.
3. Выбор метода помехоустойчивого кодирования.
4. Организация передачи модулированного сигнала от передатчика к приемнику.
5. Организация временной синхронизации передатчика и приемника.

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Практическое задание) для оценки сформированности компетенции ПК-15:

1. Практическая реализация модулятора ФМ-2.
2. Практическая реализация демодулятора ФМ-2.
3. Практическая реализация алгоритма расчета CRC-16.
4. Практическая реализация сверточного кодера.
5. Практическая реализация метода декодирования Витерби для сверточных кодов.
6. Отладка и исследование алгоритмов обработки данных.

Критерии оценивания (оценочное средство - Практическое задание)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Практическое задание выполнено полностью, продемонстрировано преподавателю, даны исчерпывающие ответы на дополнительные вопросы.
не зачтено	Задание не выполнено, студент не демонстрирует понимание реализации задачи.

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатор достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
Знания	Отсутствие	Уровень	Минимальн	Уровень	Уровень	Уровень	Уровень

	знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	о допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	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 отдельным и 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 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 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 УК-2

1. Цифровая модуляция.
2. Амплитудная манипуляция.
3. Частотная манипуляция.
4. Минимальная частотная манипуляция.
5. Фазовая манипуляция.
6. Манипуляция ФМ2. Схема модулятора. Схема демодулятора.
7. Манипуляция ФМ4. Схема модулятора. Схема демодулятора.
8. Манипуляция ФМ8. Схема модулятора. Схема демодулятора.
9. Прием ФМ-сигналов. Восстановление несущей. Восстановление тактовой частоты.
10. Схема ФАПЧ. Применение. Параметры.
11. Схема Костаса для демодуляции ФМ2. Полярная схема Костаса.
12. Схема Костаса для демодуляции ФМ4.
13. Квадратурная амплитудная манипуляция. Сигнальное созвездие.
14. Манипуляция КАМ-16.
15. Манипуляция КАМ высших порядков.
16. Амплитудно-фазовая модуляция.
17. Модуляция АФМ-16.
18. Модуляция АФМ-32.
19. Сигнальное кодирование.
20. Сигнальные коды NRZ/NRZi. Достоинства и недостатки.
21. Сигнальные коды RZ/BPRZ. Достоинства и недостатки.
22. Сигнальный код Manchester. Достоинства и недостатки.

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-15

1. Код Грея. Причина возникновения. Алгоритм получения.
2. Цифровые коды. Назначение. Классификация. Геометрическая интерпретация. Расстояние Хэмминга.

3. Коды 1-из-N, M-из-N.
4. Код с проверкой четности. Обнаружение ошибок.
5. Исправление ошибок. Связь минимального расстояния с характеристиками количества обнаруживаемых и исправляемых ошибок.
6. Код Хэмминга. Характеристики. Кодирование. Исправление ошибок.
7. M-последовательности. Назначение и алгоритм получения.
8. Полиномиальная арифметика. Представление чисел в виде полиномов. Операции с полиномами.
9. Двоичная арифметика по модулю 2. CRC.
10. Соображения по выбору полинома для вычисления CRC.
11. Алгоритм прямого вычисления CRC.
12. Сверточное кодирование. Характеристики. Общая схема. Импульсный отклик.
13. Коды с $k=1$ и $k>1$. Систематический и несистематический вид.
14. Представление кода – граф, дерево, треллис. Способы выполнения кодирования – прямой, табличный, треллис.
15. Декодирование сверточных кодов. Алгоритм Фано.
16. Декодирование сверточных кодов. Алгоритм Витерби.
17. Поля Галуа. Реализация арифметики.
18. Матричные операции в полях Галуа.
19. Коды Рида-Соломона. Идея. Свойства.
20. Декодирование кодов Рида-Соломона.
21. Алгоритм Берлекампа-Мэсси.
22. Метод Форни.
23. Коды LDPC.
24. Сотовая связь. Состав сотовой сети. Поколения мобильной связи.
25. Сотовые сети I поколения. Достоинства, недостатки.
26. Сотовые сети II поколения. Достоинства, недостатки.
27. Методы разделения каналов при многостанционном доступе.
28. Сложные сигналы. Методы получения. Использование для передачи информации.
29. Система IS-95. Общая характеристика. Функционирование.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без

Оценка	Критерии оценивания
	ошибок.
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок.
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько не грубых ошибок.
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много не грубых ошибки.
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

- Оппенгейм А. Цифровая обработка сигналов / пер. с англ. под ред. С. Ф. Боева. - Изд. 3-е, испр. - М. : Техносфера, 2012. - 1048 с. - (Мир радиоэлектроники / ред. совет: А. С. Якунин (пред.) [и др.] ; 17 - 15). - ISBN 978-5-94836-329-5 : 1300.00., 1 экз.
- Питерсон Уэсли. Коды, исправляющие ошибки : пер. с англ. / под ред. Р. Л. Добрушина и С. И. Самойленко. - 2-е изд. - М. : Мир, 1976. - 594 с. - 2.87., 1 экз.

Дополнительная литература:

- Цифровая мобильная радиосвязь / Галкин В.А. - Москва : Горячая линия - Телеком, 2012., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=646031&idb=0>.
- Берикашвили В. Ш. Электроника и микροэлектроника: импульсная и цифровая электроника : учебное пособие / В. Ш. Берикашвили. - 2-е изд. ; испр. и доп. - Москва : Юрайт, 2023. - 242 с. - (Профессиональное образование). - ISBN 978-5-534-06256-4. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=848843&idb=0>.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

MatLab, GNU Octave, Visual Studio, KDevelop, CLion, PyCharm

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: в том числе,

–высокотехнологичным оборудованием: станция приема и управления спутниками "Завиток-М"; радиочастотное оборудование, включая усилители, генераторы сигналов, источники тока, технологическое оборудование, включая термостол, паяльные станции, настольные лупы и стереоскопический микроскоп; средства измерения, включая детекторы, осциллографы, мультиметры, анализаторы спектра;
–вычислительными ресурсами: современными компьютерами и 3 мобильными рабочими местами на базе современных ПК;
–специализированным прикладным программным обеспечением: программное обеспечение ТМПО-Pro ViLab обработки данных, используется для обработки данных измерений, параметров антенн, генерации и анализа графиков;
–офисным и мультимедийным оборудованием, включая оборудование для представления презентаций и организации видеоконференцсвязи, специализированная мебель.

Перечисленное оборудование входит в состав Учебно-лабораторного интерактивного комплекса систем космической связи для проведения занятий для студентов при обучении созданию автоматизированных измерительных систем на основе интерактивного управления программируемыми средствами измерения, систем обработки сигналов, проектированию оборудования космических систем связи, измерениям параметров радиотехнических систем, а также для проведения практических занятий, предусмотренных программой.

Специальное образовательное пространство (СОП) Учебно-лабораторный интерактивный комплекс систем космической связи (уч. корп.3, ауд. 511, 516) создано научно-образовательным отделением космической связи ПИШ ННГУ и утверждено приказом ННГУ №06.49-04-0669/23 от 29.12.2023 г. для реализации образовательных программ (ОП) ПИШ ННГУ, в том числе, ОП «Информационные технологии в системах космической связи и дистанционного зондирования Земли» направления подготовки 09.04.02 «Информационные системы и технологии», разработанной с целью исполнения Программы развития ПИШ ННГУ в рамках федерального проекта Минобрнауки России "Передовые инженерные школы" государственной программы Российской Федерации "Научно-технологическое развитие Российской Федерации" (<https://analytics.engineers2030.ru/schools/unn>).

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 09.04.02 - Информационные системы и технологии.

Автор(ы): Сорохтин Михаил Михайлович, кандидат физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Морозов Олег Александрович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 15.04.2024, протокол № б/н.