

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
«30» ноября 2022 г. №13

Рабочая программа дисциплины

Цифровые каналы передачи данных
(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования
магистратура

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность
03.04.03 Радиофизика

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность программы
Информационные процессы и системы

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения
очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород
2023 год

1. Место и цели дисциплины в структуре ООП

Дисциплина Б1.В.ДВ.06.01 «Цифровые каналы передачи данных» относится к части ООП направления подготовки 03.04.03 Радиофизика, формируемой участниками образовательных отношений.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

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-1: Способен анализировать и обрабатывать научную информацию и результаты исследований в области физики и радиофизики при решении задач своей профессиональной деятельности	ПК-1.1. Применяет принципы сбора и анализа информации, рассматривает и оценивает современные научные достижения, а также генерирует новые идеи при решении исследовательских и практических задач.	Знать: методы критического анализа и оценки современных научных достижений в области своей профессиональной деятельности Уметь: определять наиболее актуальные направления исследований в области профессиональной деятельности Владеть: навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных) и критического анализа информации по тематике проводимых исследований	Собеседование
	ПК-1.2. Работает с большим объемом данных, систематизирует и анализирует информацию, полученную из различных источников, в том числе с использованием современных информационных и коммуникационных технологий.	Знать: современные информационные и коммуникационные технологии сбора и анализа большого объема данных Уметь: систематизировать и анализировать данные большого объема Владеть: навыками работы с большим объемом данных, полученных из различных источников	Собеседование
ПК-2: Способен выполнять теоретические и экспериментальные исследования и разработки по отдельным разделам тем научно-исследовательских и опытно-	ПК-2.1. Анализирует современное состояние исследований в области физики и радиофизики, современные подходы к описанию и моделированию различных физических явлений	Знать: современное состояние исследований, современные подходы к описанию различных явлений в области своей профессиональной деятельности Уметь: анализировать современное состояние исследований в области физики и радиофизики Владеть: навыками моделирования различных явлений в области физики и радиофизики	Собеседование

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	
конструкторских работ в области физики и радиофизики и оформлять их результаты	и оценке полученных результатов.		
	ПК-2.2. Выбирает и применяет аналитические, аналитико-численные, экспериментальные методы исследования в соответствии с типом поставленной задачи.	Знать: современные подходы к моделированию различных явлений Уметь: выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования Владеть: навыками проведения моделирования или эксперимента для решения конкретной научно-исследовательской задачи	Собеседование
	ПК-2.3. Участвует в планировании, подготовке и проведении НИР.	Знать: основные принципы организации научного исследования Уметь: анализировать процесс выполнения научного исследования и, в случае необходимости, корректировать план исследования на определенных этапах Владеть: навыками планирования научного исследования, анализа получаемых результатов и формулировки выводов	Собеседование
	ПК-2.4. Анализирует полученные данные, формулирует выводы и рекомендации по отдельным разделам тем в области физики и радиофизики.	Знать: современные подходы к оценке полученных результатов в области своей профессиональной деятельности Уметь: анализировать полученные данные, формулировать выводы и рекомендации по отдельным разделам тем в области физики и радиофизики Владеть: навыками оценки полученных результатов и формулировки выводов для выполненной научно-исследовательской задачи	Собеседование
ПК-3: Способен разрабатывать и подготавливать составные части документации, проектов планов и программ проведения отдельных этапов научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок	ПК-3.1. Использует знание нормативных документов для составления заявок, грантов, проектов НИР, применяет заданные требования и правила при оформлении рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях.	Знать: основные требования к составлению научно-технических отчетов и документации Уметь: применять заданные требования и правила к оформлению рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях Владеть: навыками составления и оформления научно-технической документации, научных отчетов и обзоров, публикаций	Собеседование
	ПК-3.2. Представляет	Знать: основные способы представления и продвижения результатов НИР	Собеседование

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	
	результаты НИР академическому и бизнес-сообществу.	Уметь: структурировать презентационный материал, выделять основные результаты деятельности для их представления и расставлять акценты Владеть: навыками представления результатов НИР перед научным и академическим сообществом	
	ПК-3.3. Участвует в составлении и подаче конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности Радиофизика.	Знать: основные этапы подготовки НИР и составления проекта НИР Уметь: анализировать проектную документацию на выполнение НИР Владеть: навыками составления части проектной документации для проведения НИР	Собеседование

3. Структура и содержание дисциплины

3.1.Трудовоемкость дисциплины

	очная форма обучения
Общая трудовоемкость	3 ЗЕТ
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	
самостоятельная работа	75
КСР	1
Промежуточная аттестация – зачет	-

3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание 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	Занятия лабораторного типа	Всего	
		очная	очная	очная	очная	
1. Сигналы в радиотехнических системах	7	2			2	5
2. Цифровые системы связи – общая информация	7	2			2	5
3. Кодирование источника	13	4			4	9
4. Модуляция и передача сигнала в основной полосе частот	10	3			3	7
5. Полосовая модуляция	10	3			3	7
6. Полосовая демодуляция и оптимальный приём сигналов	27	8			8	19
7. Методы расширения спектра и множественный доступ	7	2			2	5
8. Многолучевое распространение радиосигналов	13	4			4	9
9. Архитектура цифровых приёмопередатчиков	13	4			4	9
Аттестация	0					
КСР	1				1	
Итого	108	32	0	0	33	75

Практические занятия (семинарские 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.

Практическая подготовка предусматривает: решение практических заданий и задач, организация семинаров по отдельным разделам дисциплины.

Практическая подготовка направлена на формирование и развитие:

- практических навыков в соответствии с профилем ОП:

- изучение, анализ научно-технической информации, обобщение отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования;
- аналитическое и численное исследование физических явлений и процессов радиофизическими методами;
- разработка новых комплексов программ по численному моделированию объектов различной физической природы;
- планирование и проведение экспериментов с применением современных методов и измерительной аппаратуры (акустической, радиоэлектронной, оптоэлектронной);
- формулировка новых задач, возникающих в ходе научных исследований;
- совершенствование известных и разработка новых методов исследований;
- анализ получаемых результатов и, при необходимости, корректировка направлений

исследований;

- подготовка и оформление научных статей;
- составление отчетов и докладов о научно-исследовательской работе;
- участие в научных конференциях, в том числе международных
- руководство научной работой обучающихся
- компетенций – ПК-1, ПК-2, ПК-3.

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий семинарского типа, групповых или индивидуальных консультаций.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

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

Темы для самостоятельного изучения.

1. Субдискретизация радиосигналов.
2. Применение вокодеров для кодирования источника информации: типы вокодеров и стандарты сжатия с помощью вокодеров.
3. Краткий сравнительный обзор алгоритмов помехоустойчивого кодирования.
4. Виды модуляции MSK и GMSK.
5. Ортогональное частотное разделение с мультиплексированием. Особенности его применения в современных системах цифровой связи.
6. Методы измерения вероятности битовых ошибок.

Промежуточная аттестация по дисциплине - зачет.

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 незначительных 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,	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными незначительными недочетами,	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
			но не в полном объеме.	полном объеме, но некоторые с недочетами.	некоторые с недочетами.	выполнены все задания в полном объеме.	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», 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», 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»

5.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

5.2.1. Контрольные вопросы

Вопросы к зачету

Вопрос	Код компетенции (согласно РПД)
1. Структура типичной цифровой системы связи, отражающая основные этапы обработки информации и сигналов.	ПК-2

Вопрос	Код компетенции (согласно РПД)
2. Дискретизация и равномерное квантование. Ограничение на частоту дискретизации.	ПК-2
3. Субдискретизация радиосигналов.	ПК-2
4. Шум квантования. Отношение сигнал/шум при квантовании. Импульсно-кодовая модуляция.	ПК-2
5. Неравномерное квантование. Компандирование. Стандартные характеристики сжатия. Отношение сигнал/(шум квантования) для μ -закона сжатия.	ПК-2
6. Дифференциальная импульсно-кодовая модуляция. Структура и описание работы ДИКМ-модулятора и демодулятора.	ПК-2
7. Вычисление оптимальных коэффициентов предсказания ДИКМ-модулятора. Выигрыш от предсказания.	ПК-2
8. Дельта-модуляция. Структура и описание работы дельта-модулятора и демодулятора. Шум перегрузки по крутизне и шум квантования при дельта-модуляции.	ПК-2
9. Применение вокодеров для кодирования источника информации: типы вокодеров и стандарты сжатия с помощью вокодеров.	ПК-1
10. Краткий сравнительный обзор алгоритмов помехоустойчивого кодирования.	ПК-2
11. Основные формы физического представления цифровых сигналов в основной полосе частот.	ПК-2
12. Фильтры Найквиста. АЧХ и импульсные характеристики фильтров Найквиста. Ширина полосы системы с фильтром Найквиста.	ПК-2
13. Виды и типы модуляции. Сигнальные созвездия.	ПК-2
14. Модуляции с памятью, виды модуляции MSK и GMSK.	ПК-2
15. Структуры модуляторов.	ПК-2
16. Оптимальный корреляционный приём сигналов в канале с АБГШ.	ПК-2
17. Двоичный корреляционный приёмник.	ПК-2
18. Когерентный приём сигналов с амплитудно-фазовой манипуляцией. Преимущества и недостатки когерентного приёмника.	ПК-2
19. Когерентный приём сигналов с частотной манипуляцией. Преимущества и недостатки когерентного приёмника.	ПК-2
20. Некогерентный приём сигналов с частотной манипуляцией. Преимущества и недостатки некогерентного приёмника.	ПК-2
21. Некогерентный приём сигналов с дифференциальной двоичной фазовой манипуляцией. Преимущества и недостатки некогерентного приёмника.	ПК-2
22. Критерий принятия решений в двоичном когерентном приёмнике.	ПК-2
23. Вероятность битовой ошибки в двоичном когерентном приёмнике на фоне АБГШ.	ПК-2
24. Теорема Шеннона. Предел Шеннона.	ПК-2
25. Системные компромиссы. Плоскость «спектральная эффективность – отношение сигнал/шум».	ПК-2
26. Расширение спектра методом прямой последовательности. Помехоустойчивость системы DSSS. Множественный доступ с кодовым разделением.	ПК-2
27. Случайные последовательности и их свойства. Последовательности Баркера. М-последовательности, их свойства и способ генерации.	ПК-2
28. Расширение спектра с помощью скачкообразной перестройки рабочей частоты. Множественный доступ с частотным разделением.	ПК-2
29. Ортогональное частотное разделение с мультиплексированием. Особенности его применения в современных системах цифровой связи.	ПК-1
30. Многолучевой радиоканал. Мелкомасштабные и крупномасштабные замирания. Модели импульсной характеристики многолучевого радиоканала. Профиль временного рассеяния.	ПК-1

Вопрос	Код компетенции (согласно РПД)
31. Числовые характеристики многолучевых радиоканалов.	ПК-1
32. Искажения сигналов, вызванные многолучевым распространением.	ПК-1
33. Методы борьбы с замираниями.	ПК-1
34. Смеситель с подавлением зеркального канала.	ПК-1
35. Супергетеродинные приёмники.	ПК-1
36. Приёмник с прямым преобразованием.	ПК-1
37. Приёмник с низкой промежуточной частотой.	ПК-1
38. Широкополосный приёмник с двойным преобразованием частоты.	ПК-1
39. Приёмник с субдискретизацией.	ПК-1
40. Приёмник с цифровой промежуточной частотой.	ПК-1
41. Современное оборудование и методы диагностики цифровых систем связи.	ПК-1

5.2.2. Типовые вопросы для оценки сформированности компетенции ПК-1

1. Структура типичной цифровой системы связи, отражающая основные этапы обработки информации и сигналов.
2. Дискретизация и равномерное квантование. Ограничение на частоту дискретизации.
3. Субдискретизация радиосигналов.
4. Шум квантования. Отношение сигнал/шум при квантовании. Импульсно-кодовая модуляция.
5. Неравномерное квантование. Компандирование. Стандартные характеристики сжатия. Отношение сигнал/(шум квантования) для μ -закона сжатия.
6. Дифференциальная импульсно-кодовая модуляция. Структура и описание работы ДИКМ-модулятора и демодулятора.
7. Вычисление оптимальных коэффициентов предсказания ДИКМ-модулятора. Выигрыш от предсказания.
8. Дельта-модуляция. Структура и описание работы дельта-модулятора и демодулятора. Шум перегрузки по крутизне и шум квантования при дельта-модуляции.
9. Применение вокодеров для кодирования источника информации: типы вокодеров и стандарты сжатия с помощью вокодеров.
10. Краткий сравнительный обзор алгоритмов помехоустойчивого кодирования.
11. Основные формы физического представления цифровых сигналов в основной полосе частот.
12. Фильтры Найквиста. АЧХ и импульсные характеристики фильтров Найквиста. Ширина полосы системы с фильтром Найквиста.
13. Виды и типы модуляции. Сигнальные созвездия.
14. Модуляции с памятью, виды модуляции MSK и GMSK.
15. Структуры модуляторов.
16. Оптимальный корреляционный приём сигналов в канале с АБГШ.
17. Двоичный корреляционный приёмник.
18. Когерентный приём сигналов с амплитудно-фазовой манипуляцией. Преимущества и недостатки когерентного приёмника.
19. Когерентный приём сигналов с частотной манипуляцией. Преимущества и недостатки когерентного приёмника.
20. Некогерентный приём сигналов с частотной манипуляцией. Преимущества и недостатки некогерентного приёмника.
21. Некогерентный приём сигналов с дифференциальной двоичной фазовой манипуляцией. Преимущества и недостатки некогерентного приёмника.
22. Критерий принятия решений в двоичном когерентном приёмнике.
23. Вероятность битовой ошибки в двоичном когерентном приёмнике на фоне АБГШ.
24. Теорема Шеннона. Предел Шеннона.
25. Системные компромиссы. Плоскость «спектральная эффективность – отношение

сигнал/шум».

26. Расширение спектра методом прямой последовательности. Помехоустойчивость системы DSSS. Множественный доступ с кодовым разделением.

27. Случайные последовательности и их свойства. Последовательности Баркера. M-последовательности, их свойства и способ генерации.

28. Расширение спектра с помощью скачкообразной перестройки рабочей частоты. Множественный доступ с частотным разделением.

29. Ортогональное частотное разделение с мультиплексированием. Особенности его применения в современных системах цифровой связи.

30. Многолучевой радиоканал. Мелкомасштабные и крупномасштабные замирания. Модели импульсной характеристики многолучевого радиоканала. Профиль временного рассеяния.

31. Числовые характеристики многолучевых радиоканалов.

32. Искажения сигналов, вызванные многолучевым распространением.

33. Методы борьбы с замираниями.

34. Смеситель с подавлением зеркального канала.

35. Супергетеродинные приёмники.

36. Приёмник с прямым преобразованием.

37. Приёмник с низкой промежуточной частотой.

38. Широкополосный приёмник с двойным преобразованием частоты.

39. Приёмник с субдискретизацией.

40. Приёмник с цифровой промежуточной частотой.

41. Современное оборудование и методы диагностики цифровых систем связи.

5.2.3. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции ПК-2

1. Найдите значение отношения мощности сигнала к мощности шума квантования на выходе аналого-цифрового преобразователя с разрядностью 8 бит, выраженное в децибелах, для случая, когда сигнал на входе АЦП является случайным с равномерной функцией плотности вероятности мгновенных значений. Размах входного сигнала совпадает с динамическим диапазоном АЦП. Квантование равномерное.

2. Оптимальный некогерентный приёмник принимает сигнал с двоичной относительной фазовой модуляцией (ОФМ-2, DBPSK), передающийся со скоростью $R = 56$ кбит/с в канале с АБГШ. Определите мощность сигнала на входе приёмника, при которой вероятность битовой ошибки будет равна 10^{-3} . Спектральная плотность мощности АБГШ $N_0 = 10^{-6}$ Вт/Гц, в канале используется фильтр Найквиста типа приподнятого косинуса с параметром $r = 0.5$. Вероятность битовых ошибок для модуляции ОФМ-2 вычисляется по формуле: $P_b = 0.5 \cdot \exp(-E_b/N_0)$.

3. Вычислите значение пропускной способности канала связи с АБГШ при следующих параметрах: отношение сигнал/шум по мощности равно $S/N = 10$ дБ, ширина полосы канала 1 МГц.

4. Определите тип искажений сигнала, вызванных многолучевым распространением, при следующих параметрах сигнала и канала: скорость передачи информации $R = 10$ Мбит/с, модуляция сигнала QAM-16, значение полосы когерентности канала равно 1 МГц, значение доплеровского расширения спектра в канале равно 1 кГц, параметр фильтра Найквиста $r = 0.5$.

5.2.4. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции ПК-3

Оформить отчет по итогам выполнения зачетного задания.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Цифровые системы передачи [Электронный ресурс] : Учебное пособие для вузов / Под редакцией А.Д. Моченова. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Горячая линия - Телеком, 2012. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785991202368.html>.
2. Основы формирования, передачи и приема цифровой информации [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.И. Лузин, Н.П. Никитин, В.И. Гадзиковский. - М. : СОЛОН-ПРЕСС, 2014. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785321019610.html>
3. Цифровая мобильная радиосвязь: Учебное пособие для вузов/Галкин В. А. - М.: Гор. линия-Телеком, 2012. - 592 с.
4. Теория электрической связи: курс лекций [Электронный ресурс] : Учебное пособие для вузов / Андреев Р.Н., Краснов Р.П., Чепелев М.Ю. - М. : Горячая линия - Телеком, 2014. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785991203814.html>
5. Кодирование и передача речи в цифровых системах подвижной радиосвязи [Электронный ресурс] : Учебное пособие для вузов / Рихтер С.Г. - М. : Горячая линия - Телеком, 2009. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785991201162.html>
6. Устройства приема и обработки сигналов [Электронный ресурс] : Учебное пособие для вузов / Колосовский Е.А. - 2-е изд. - М. : Горячая линия - Телеком, 2012. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785991202657.html>

б) дополнительная литература:

1. Подвижная радиосвязь [Электронный ресурс] / Под ред. профессора О.И. Шелухина. - М. : Горячая линия - Телеком, 2012. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785991202503.html>
2. Теория многоканальных широкополосных систем связи [Электронный ресурс] : Учебное пособие для вузов / Кузнецов В.С. - М. : Горячая линия - Телеком, 2013. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785991202817.html>
3. Метрология и электрорадиоизмерения в телекоммуникационных системах [Электронный ресурс] : Учебное пособие / Под общей редакцией Б.Н. Тихонова. - 2-е изд., стереотип. - М. : Горячая линия - Телеком, 2012. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785991202459.html>

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

1. Исследование процессов кодирования источника и полосовой модуляции/демодуляции в среде LabVIEW. Составители: Ивлев Д.Н., Панфилов С.В.: Методические указания к лабораторной работе [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.rf.unn.ru/rus/chairs/k7/RF_NNSU/coding.pdf
2. Цифровые каналы передачи данных: Составитель: Ивлев Д.Н. Учебно-методическое пособие. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.rf.unn.ru/rus/chairs/k7/RF_NNSU/DTDC_Ivlev.pdf

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещение представляет собой учебную аудиторию для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенное оборудованием и техническими средствами обучения: компьютер, мультимедийный проектор, современное контрольно-измерительное оборудование.

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 - магистратура по направлению подготовки 03.04.03 Радиофизика (утвержден приказом Министерства науки и высшего образования РФ 07.08.2020 № 918).

Автор: к.ф.-м.н., доцент Ивлев Д.Н.

Рецензент: преподаватель Горбунов А.А.

Заведующий кафедрой: д.т.н., доцент Фитасов Е.С.

Программа одобрена на заседании методической комиссии радиофизического факультета от «14» ноября 2022 года, протокол № 08/22.