

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

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Цифровые каналы передачи данных

Уровень высшего образования

Магистратура

Направление подготовки / специальность

03.04.03 - Радиофизика

Направленность образовательной программы

Статистическая радиофизика

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.07.02 Цифровые каналы передачи данных 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-1: Способен анализировать и обрабатывать научную информацию и результаты исследований в области физики и радиофизики при решении задач своей профессиональной деятельности	<p>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</p> <p>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</p>	<p>ПК-1.1:</p> <p>Знать: методы критического анализа и оценки современных научных достижений в области своей профессиональной деятельности</p> <p>Уметь: определять наиболее актуальные направления исследований в области профессиональной деятельности</p> <p>Владеть: навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных) и критического анализа информации по тематике проводимых исследований</p> <p>ПК-1.2:</p> <p>Знать: современные информационные и коммуникационные технологии сбора и анализа большого объема данных</p> <p>Уметь: систематизировать и анализировать данные большого объема</p> <p>Владеть: навыками работы с большим объемом данных, полученных из различных источников</p>	Собеседование	Зачёт: Контрольные вопросы
ПК-2: Способен выполнять	ПК-2.1: Анализирует современное состояние	<p>ПК-2.1:</p> <p>Знать: современное</p>	Задания	

теоретические и экспериментальные исследования и разработки по отдельным разделам тем научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области физики и радиофизики и оформлять их результаты	<p>исследований в области физики и радиофизики, современные подходы к описанию и моделированию различных физических явлений и оценке полученных результатов</p> <p>ПК-2.2: Выбирает и применяет аналитические, аналитико-численные, экспериментальные методы исследования в соответствии с типом поставленной задачи</p> <p>ПК-2.3: Участвует в планировании, подготовке и проведении НИР</p> <p>ПК-2.4: Анализирует полученные данные, формулирует выводы и рекомендации по отдельным разделам тем в области физики и радиофизики</p>	<p>состояние исследований, современные подходы к описанию различных явлений в области своей профессиональной деятельности</p> <p>Уметь: анализировать современное состояние исследований в области физики и радиофизики</p> <p>Владеть: навыками моделирования различных явлений в области физики и радиофизики</p> <p>ПК-2.2:</p> <p>Знать: современные подходы к моделированию различных явлений</p> <p>Уметь: выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования</p> <p>Владеть: навыками проведения моделирования или эксперимента для решения конкретной научно-исследовательской задачи</p> <p>ПК-2.3:</p> <p>Знать: основные принципы организации научного исследования</p> <p>Уметь: анализировать процесс выполнения научного исследования и, в случае необходимости, корректировать план исследования на определенных этапах</p> <p>Владеть: навыками планирования научного исследования, анализа получаемых результатов и формулировки выводов</p> <p>ПК-2.4:</p> <p>Знать: современные подходы к оценке полученных результатов в области своей</p>		<p>Зачёт:</p> <p>Контрольные вопросы</p>
--	--	---	--	--

		<p>профессиональной деятельности</p> <p>Уметь: анализировать полученные данные, формулировать выводы и рекомендации по отдельным разделам тем в области физики и радиофизики</p> <p>Владеть: навыками оценки полученных результатов и формулировки выводов для выполненной научно-исследовательской задачи</p>		
<p>ПК-3: Способен разрабатывать и подготавливать составные части документации, проектов планов и программ проведения отдельных этапов научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок</p>	<p>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</p> <p>ПК-3.2: Представляет результаты НИР академическому и бизнес-сообществу</p> <p>ПК-3.3: Участвует в составлении и подаче конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности Радиофизика</p>	<p>ПК-3.1:</p> <p>Знать: основные требования к составлению научно-технических отчетов и документации</p> <p>Уметь: применять заданные требования и правила к оформлению рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях</p> <p>Владеть: навыками составления и оформления научно-технической документации, научных отчетов и обзоров, публикаций</p> <p>ПК-3.2:</p> <p>Знать: основные способы представления и продвижения результатов НИР</p> <p>Уметь: структурировать презентационный материал, выделять основные результаты деятельности для их представления и расставлять акценты</p> <p>Владеть: навыками представления результатов НИР перед научным и академическим сообществом</p> <p>ПК-3.3:</p> <p>Знать: основные этапы подготовки НИР и составления проекта НИР</p> <p>Уметь: анализировать проектную документацию на выполнение НИР</p>	<p>Отчет по лабораторным работам</p>	<p>Зачёт:</p> <p>Контрольные вопросы</p>

		Владеть: навыками составления части проектной документации для проведения НИР		
--	--	---	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	3
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	0
- КСР	1
самостоятельная работа	75
Промежуточная аттестация	0 Зачёт

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 0	0 0	0 0	0 0	0 0
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	33	75

Содержание разделов и тем дисциплины

1. Сигналы в радиотехнических системах
2. Цифровые системы связи – общая информация
3. Кодирование источника
4. Модуляция и передача сигнала в основной полосе частот
5. Полосовая модуляция
6. Полосовая демодуляция и оптимальный приём сигналов
7. Методы расширения спектра и множественный доступ
8. Многолучевое распространение радиосигналов
9. Архитектура цифровых приёмопередатчиков

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 - 4 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.

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.

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 - Собеседование) 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. Командирование. 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. М-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.

Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	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	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Задания) 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 $r = 0.5$.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задания)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	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	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»

5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам) для оценки сформированности компетенции ПК-3:

Оформить отчет по итогам выполнения зачетного задания.

Критерии оценивания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	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	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»

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				
<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	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельным и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы 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 некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и 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 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-1

Структура типичной цифровой системы связи, отражающая основные этапы обработки информации и сигналов.
Дискретизация и равномерное квантование. Ограничение на частоту дискретизации.
Субдискретизация радиосигналов.
Шум квантования. Отношение сигнал/шум при квантовании. Импульсно-кодовая модуляция.
Неравномерное квантование. Компандирование. Стандартные характеристики сжатия. Отношение сигнал/(шум квантования) для μ -закона сжатия.
Дифференциальная импульсно-кодовая модуляция. Структура и описание работы ДИКМ-модулятора и демодулятора.
Вычисление оптимальных коэффициентов предсказания ДИКМ-модулятора. Выигрыш от предсказания.
Дельта-модуляция. Структура и описание работы дельта-модулятора и демодулятора. Шум перегрузки по крутизне и шум квантования при дельта-модуляции.
Применение вокодеров для кодирования источника информации: типы вокодеров и стандарты сжатия с помощью вокодеров.
Краткий сравнительный обзор алгоритмов помехоустойчивого кодирования.
Основные формы физического представления цифровых сигналов в основной полосе частот.
Фильтры Найквиста. АЧХ и импульсные характеристики фильтров Найквиста. Ширина полосы системы с фильтром Найквиста.
Виды и типы модуляции. Сигнальные созвездия.
Модуляции с памятью, виды модуляции MSK и GMSK.
Структуры модуляторов.

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-2

Оптимальный корреляционный приём сигналов в канале с АБГШ.
--

Двоичный корреляционный приёмник.
Когерентный приём сигналов с амплитудно-фазовой манипуляцией. Преимущества и недостатки когерентного приёмника.
Когерентный приём сигналов с частотной манипуляцией. Преимущества и недостатки когерентного приёмника.
Некогерентный приём сигналов с частотной манипуляцией. Преимущества и недостатки некогерентного приёмника.
Некогерентный приём сигналов с дифференциальной двоичной фазовой манипуляцией. Преимущества и недостатки некогерентного приёмника.
Критерий принятия решений в двоичном когерентном приёмнике.
Вероятность битовой ошибки в двоичном когерентном приёмнике на фоне АБГШ.
Теорема Шеннона. Предел Шеннона.
Системные компромиссы. Плоскость «спектральная эффективность – отношение сигнал/шум».
Расширение спектра методом прямой последовательности. Помехоустойчивость системы DSSS. Множественный доступ с кодовым разделением.
Случайные последовательности и их свойства. Последовательности Баркера. М-последовательности, их свойства и способ генерации.
Расширение спектра с помощью скачкообразной перестройки рабочей частоты. Множественный доступ с частотным разделением.
Ортогональное частотное разделение с мультиплексированием. Особенности его применения в современных системах цифровой связи.
Многолучевой радиоканал. Мелкомасштабные и крупномасштабные замирания. Модели импульсной характеристики многолучевого радиоканала. Профиль временного рассеяния.

5.3.3 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-3

Числовые характеристики многолучевых радиоканалов.
Искажения сигналов, вызванные многолучевым распространением.
Методы борьбы с замираниями.
Смеситель с подавлением зеркального канала.

Супергетеродинные приёмники.
Приёмник с прямым преобразованием.
Приёмник с низкой промежуточной частотой.
Широкополосный приёмник с двойным преобразованием частоты.
Приёмник с субдискретизацией.
Приёмник с цифровой промежуточной частотой.
Современное оборудование и методы диагностики цифровых систем связи.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	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	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»

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

Основная литература:

1. Цифровые системы передачи / Крухмалев В.В., Гордиенко В.Н., Моченов А.Д. - Москва : Горячая линия - Телеком, 2012., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=646052&idb=0>.
2. Лузин Виктор Иванович. Основы формирования, передачи и приема цифровой информации : Учебное пособие / Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина. - Москва : Издательство "СОЛОН-Пресс", 2020. - 316 с. - ВО - Бакалавриат. - ISBN 978-5-321-01961-0., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=792430&idb=0>.
3. Цифровая мобильная радиосвязь / Галкин В.А. - Москва : Горячая линия - Телеком, 2012., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=646031&idb=0>.
4. Теория электрической связи: курс лекций / Андреев Р.Н., Краснов Р.П., Чепелев М.Ю. - Москва : Горячая линия - Телеком, 2014., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=646246&idb=0>.
5. Кодирование и передача речи в цифровых системах подвижной радиосвязи / Рихтер С.Г. - Москва : Горячая линия - Телеком, 2009., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=646102&idb=0>.
6. Устройства приема и обработки сигналов / Колосовский Е.А. - Москва : Горячая линия -

Телеком, 2012., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=646038&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Подвижная радиосвязь / Сакалема Д.Ж. - Москва : Горячая линия - Телеком, 2012., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=646092&idb=0>.
2. Теория многоканальных широкополосных систем связи / Кузнецов В.С. - Москва : Горячая линия - Телеком, 2013., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=646124&idb=0>.
3. Метрология и электрорадиоизмерения в телекоммуникационных системах / Борицько С.И., Дементьев Н.В., Тихонов Б.Н., Ходжаев И.А. - Москва : Горячая линия - Телеком, 2012., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=645989&idb=0>.

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

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 (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 ФГОС ВО по направлению подготовки/специальности 03.04.03 - Радиофизика.

Автор(ы): Ивлев Дмитрий Николаевич, кандидат физико-математических наук, доцент.

Рецензент(ы): Горбунов Александр Александрович.

Заведующий кафедрой: Фитасов Евгений Сергеевич, доктор технических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 18.12.2023, протокол № 9/23.