

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Радиофизический факультет

УТВЕРЖДЕНО:

Декан

А. Г. Коротаев

Рабочая программа дисциплины

Основы теории радиосистем передачи информации

по направлению подготовки / специальности

11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Направленность (профиль) подготовки / специализация:

Радиоэлектронные системы передачи информации

Форма обучения

Очная

Квалификация

Инженер

Год приема

2025

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

В.А. Мещеряков

Председатель УМК

А.П. Коханенко

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПК-2 Способен проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки функциональных приборов и устройств радиоэлектроники.

ПК-3 Способен формулировать математические модели процессов и явлений, происходящих в радиоэлектронных системах и на их основе проводить компьютерное моделирование и оптимизацию.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИПК 2.1 Осуществляет целенаправленный сбор и анализ исходных данных для разработки структурных, функциональных и принципиальных схем

ИПК 2.2 Использует современные пакеты прикладных программ для разработки структурных, функциональных и принципиальных схем радиоэлектронных устройств комплексов передачи информации

ИПК 2.3 Оформляет результаты разработки структурных, функциональных и принципиальных схем радиоэлектронных устройств по принятым стандартам

ИПК 3.1 Использует фундаментальные знания о физической природе и физических явлениях происходящих элементах и объектах радиоэлектронных систем и комплексов

ИПК 3.2 Разрабатывает математические модели исследуемых физических процессов, приборов, схем и электронных систем

2. Задачи освоения дисциплины

Изучение структурных и блочных схем современных, в том числе многоканальных радиосистем передачи информации.

Изучение основ теории информации, экономного и помехоустойчивого кодирования и декодирования.

Изучение основных видов цифровой модуляции, основ оптимального приема, систем синхронизации радиосистем передачи информации.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплина (модули)».

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, предлагается обучающимся на выбор.

4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине

Шестой семестр, экзамен

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по дисциплинам «Схемотехника аналоговых электронных устройств», «Радиотехнические сигналы».

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 з.е., 216 часов, из которых:

-лекции: 30 ч.

-семинар: 32 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Тема 1. Введение. Основные определения и термины

Краткое содержание темы. Основные определения и термины. Принципы построения радиотехнических систем передачи информации. Основные определения. Обобщенные структурные схемы. Основные блоки и их функции. Первичные и вторичные сигналы и их параметры. Источники сообщений. Характеристики радиотехнических систем передачи информации.

Тема 2. Дискретизация непрерывных сигналов

Краткое содержание темы. Определения. Отсчеты. Операторы дискретного представления и дискретного восстановления. Регулярное и нерегулярное представление сигналов. Процедура дискретизации. Спектры. Теорема Котельникова. Базисные функции. Дискретизация конечного по времени сигнала. Процедура восстановления непрерывной функции по ее отсчетам. Адаптивная дискретизация непрерывных сообщений. Существенные отсчеты.

Тема 3. Основы теории информации

Краткое содержание темы. Основные понятия и определения. Кодер источника, кодер канала. Статистическая модель двух взаимодействующих систем. Аксиомы теории информации. Количество информации. Собственная информация. Энтропия дискретного источника. Информационная емкость алфавита источника. Источник с памятью. Совместная энтропия. Условная энтропия. Совместная информация. Свойства энтропии. Избыточность источника.

Тема 4. Экономное кодирование

Краткое содержание темы. Цели кодирования. Кодовые таблицы. кодовое дерево. Равномерные коды. Неравномерные коды: приводимые, неприводимые. Статистическое кодирование. Источник без памяти. Кодирование по методу Шеннона-Фано. Алгоритм Хаффмана. Сжатие данных. Коды с памятью. Метод Лемпела-Зива-Уэлча. Сжатие с потерей информации. Стандарт кодирования изображений JPEG.

Тема 5. Помехоустойчивое кодирование

Краткое содержание темы. Использование избыточности. Свойство усреднения. Избыточные символы. Линейные блочные коды. Двоичное поле $GF(2)$. Операции по модулю 2. Систематический код. Код с проверкой на четность. Итеративный код. Способы получения линейного блочного кода. Порождающая матрица кода. Проверочная матрица. код Хэмминга (7,4). Дуальные коды. Декодирование блочных кодов. Синдром и обнаружение ошибок. Вектор ошибки. Метод максимального правдоподобия. Мажоритарное декодирование линейных блочных кодов. Вес и расстояние Хемминга. Способность кодов обнаруживать и исправлять ошибки. Полиномиальные коды. Порождающий многочлен кода. Циклические коды. Сверточные коды. Импульсная переходная характеристика фильтра. Код Вайнера-Эша - (12,9). Синдромное декодирование сверточных кодов. Кодовое дерево. Решетчатая диаграмма. Декодирование сверточных кодов. Декодер Витерби. Алгоритмы поиска по решетке. Последовательное декодирование. Декодер Фано. Каскадные коды. Кодирование с перемежением.

Тема 6. Цифровая модуляция

Краткое содержание темы. Квадратурная модуляция. Амплитудная манипуляция ASK. Частотная манипуляция FSK. Частотная манипуляция без разрыва фазы. Сигнальное созвездие. Двоичная фазовая манипуляция BPSK. Относительная

(дифференциальная) двоичная фазовая манипуляция DBPSK. Квадратурная фазовая манипуляция QPSK. Квадратурная амплитудная манипуляция QAM..

Тема 7. Оптимизация устройств и систем приема информации

Краткое содержание темы. Оптимальный приемник. Модели радиосигналов. Вероятностные характеристики обнаружения сигнала. Критерии оптимального обнаружения и различения сигналов. Идеальный приёмник. Средний риск. Отношение правдоподобия. Функция правдоподобия. Критерий Байеса (критерий минимума среднего риска). Критерий максимума правдоподобия. Критерий идеального наблюдателя. Критерий Неймана–Пирсона. Корреляционный прием. Мягкое декодирование. Жесткое декодирование.

Тема 8. Многоканальные радиосистемы передачи информации

Краткое содержание темы. Методы уплотнения тракта связи. Частотное уплотнение. Временное уплотнение. Уплотнение по форме. Радиосистемы с импульсно-кодовой модуляцией и разделением каналов по времени. Групповой сигнал. Радиосистемы с импульсно-кодовой модуляцией и разделением каналов по частоте. Многоканальные радиосистемы с разделением канальных сигналов по форме. Функции Уолша. Функции Радемахера.

Тема 9. Системы синхронизации радиосистем передачи информации

Краткое содержание темы. Фазовая синхронизация, тактовая синхронизация, цикловая синхронизация, кадровая синхронизация. Область синхронизма. Разомкнутые системы синхронизации. Замкнутые системы синхронизации.

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по теоретической части дисциплины проводится путем контроля посещаемости, проведения контрольных тестов и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Экзамен в шестом семестре проводится в письменной форме по билетам. Билет содержит два теоретических вопроса. Продолжительность экзамена 1,5 часа. К экзамену допускаются только студенты, успешно прошедшие текущую аттестацию по теоретической части и семинарским занятиям.

Вопросы в каждом билете сформулированы для проверки сформированности следующих компетенций/индикаторов компетенций: ПК-2, ИПК-2.1, ИПК 2.2, ИПК 2.3, ПК-3, ИПК 3.1, ИПК 3.2.

Примерный перечень теоретических вопросов

1. Классификация и основные характеристики радиотехнических систем передачи информации.
2. Радиосистемы передачи информации. Основные понятия и определения.
3. Сообщения, их математические модели. Представления сообщений и сигналов.
4. Дискретизация непрерывных сообщений. Преобразование их в цифровую форму.
5. Оптимизация устройств и систем приема информации.
6. Аналоговая модуляция.
7. Цифровая манипуляция.
8. Избыточность сообщений. Экономное кодирование.

9. Основы теории информации. Количество информации, энтропия.
10. Взаимная информация в непрерывных сообщениях.
11. Основы помехоустойчивого кодирования.
12. Основные характеристики и корректирующие свойства блочных кодов.
13. Проверочная матрица. Синдром и обнаружение ошибок блочных кодов.
14. Синдромное декодирование линейных блочных кодов.
15. Мажоритарное декодирование линейных блочных кодов.
16. Вероятностный подход и возможности линейного блочного кода по исправлению ошибок.
17. Полиномиальные и циклические коды. Декодирование и исправление ошибок.
18. Кодирование с использованием сверточных кодов.
19. Синдромное декодирование сверточных кодов.
20. Кодовое дерево и решетчатая диаграмма.
21. Применение корректирующего кодирования в системах связи.
22. Принципы частотного разделения каналов тракта связи.
23. Принципы временного разделения каналов тракта связи.
24. Радиосистемы с импульсно-кодовой модуляцией и разделением каналов по времени.
25. Многоканальные радиосистемы с разделением канальных сигналов по форме.
26. Принципы построения и основные характеристики систем синхронизации.
27. Основные типы синхронизации и их особенности в системах передачи информации.

Компетенция	Индикатор компетенции	Код и наименование результатов обучения (планируемые результаты обучения, характеризующие этапы формирования компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
			Неудовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
ПК-2. Способен проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки функциональных приборов и устройств радиоэлектроники	ИПК-2.1. Осуществляет целенаправленный сбор и анализ исходных данных для разработки структурных, функциональных и принципиальных схем	ОР-2.1.1. Сможет осуществлять целенаправленный сбор и анализ исходных данных для разработки структурных, функциональных и принципиальных схем радиосистем передачи информации	Не имеет представления об исходных данных для разработки структурных, функциональных и принципиальных схем.	Имеет общее представление об исходных данных для разработки структурных, функциональных и принципиальных схем.	Допускает отдельные неточности в описании назначения исходных данных для разработки структурных, функциональных и принципиальных схем.	Имеет полное представление об исходных данных для разработки структурных, функциональных и принципиальных схем.
	ИПК-2.2. Использует современные пакеты прикладных	ОР-2.2.1. Сможет использовать современные пакеты прикладных программ для разработки структурных,	Не может использовать современные пакеты	Способен, при ряде затруднений использовать	Допускает мелкие неточности при	Способен использовать современные пакеты

	программ для разработки структурных, функциональных и принципиальных схем радиоэлектронных устройств комплексов передачи информации.	функциональных и принципиальных схем радиоэлектронных устройств комплексов передачи информации.	прикладных программ для разработки структурных, функциональных и принципиальных схем радиоэлектронных устройств комплексов передачи информации.	современные пакеты прикладных программ для разработки структурных, функциональных и принципиальных схем радиоэлектронных устройств комплексов передачи информации.	использовании современных пакеты прикладных программ для разработки структурных, функциональных и принципиальных схем радиоэлектронных устройств комплексов передачи информации.	прикладных программ для разработки структурных, функциональных и принципиальных схем радиоэлектронных устройств комплексов передачи информации.
	ИПК-2.3. Оформляет результаты разработки структурных, функциональных и принципиальные схемы радиоэлектронных устройств по принятым	ОР-2.3.1. Сможет оформлять результаты разработки структурных, функциональных и принципиальные схемы радиоэлектронных устройств передачи информации по принятым стандартам.	Не способен оформлять результаты разработки структурных, функциональных и принципиальные схемы радиоэлектронных	Способен, при ряде затруднений, оформлять результаты разработки структурных, функциональных и принципиальные схемы радиоэлектро	Допускает мелкие неточности при оформлении результатов разработки структурных, функциональных и принципиальные схемы	Способен оформлять результаты разработки структурных, функциональных и принципиальные схемы радиоэлектронных устройств передачи

	стандартам.		устройств передачи информации по принятым стандартам	нных устройств передачи информации по принятым стандартам.	радиоэлектрон ных устройств передачи информации по принятым стандартам	информации по принятым стандартам.
ПК-3. Способен формулировать математические модели процес-сов и явлений, происходящих в радиоэлектронных системах и на их основе проводить компьютерное моделирование и оптимизацию	ИПК-3.1. Использует фундаментальные знания о физической природе и физических явлениях происходящих элементах и объектах.	ОР-3.1.1. Сможет использовать фундаментальные знания о физической природе и физических явлениях, происходящих в элементах и объектах радиоэлектронных систем передачи информации.	Не может использовать фундаментал ьные знания о физической природе и физических явлениях, происходящ их в элементах и объектах радиоэлектр онных систем передачи информации.	Способен, при ряде затруднений использовать фундаментал ьные знания о физической природе и физических явлениях, происходящи х в элементах и объектах радиоэлектро нных систем передачи информации.	В целом успешное, но с отдельными пробелами, использование фундаменталь ных знаний о физической природе и физических явлениях, происходящих в элементах и объектах радиоэлектрон ных систем передачи информации.	Уверенное использование фундаменталь ных знаний о физической природе и физических явлениях, происходящих в элементах и объектах радиоэлектрон ных систем передачи информации.
	ИПК-3.2. Разрабатывает	ОР-3.2.1. Сможет разрабатывать математические	Не может разрабатыва	Испытывает затруднения	Допускает незначительны	Уверенное владение

	математические модели исследуемых физических процессов, приборов, схем и электронных систем.	модели исследуемых физических процессов, приборов, схем и электронных систем передачи информации.	ть математические модели исследуемых физических процессов, приборов, схем и электронных систем передачи информации.	в разработке математических моделей исследуемых физических процессов, приборов, схем и электронных систем передачи информации.	е ошибки в разработке математических моделей исследуемых физических процессов, приборов, схем и электронных систем передачи информации.	математическими моделями исследуемых физических процессов, приборов, схем и электронных систем передачи информации.
--	--	---	---	--	---	---

11. Учебно-методическое обеспечение

- а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» - <https://lms.tsu.ru/course/view.php?id=3211>
- б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.
- в) Тестовые задания по по дисциплине в электронном университете «Moodle» - <https://lms.tsu.ru/course/view.php?id=3211>

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

- Санников В. Г. Основы теории систем инфокоммуникаций : [учебное пособие для вузов]. - Москва : Горячая линия - Телеком, 2017. - 175 с.: ил.
- Вейцель В. А. Теория и проектирование радиосистем радиопередачи и передачи информации : [учебное пособие для вузов]. - Москва : Горячая линия - Телеком, 2018. - 182 с.
- Берикашвили, В. Ш. Основы радиоэлектроники: системы передачи информации : учебное пособие. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 105 с.
- Каганов В. И. Радиотехнические цепи и сигналы : компьютеризированный курс : учебное пособие. - 4-е изд., перераб. и доп.. - Москва : Форум [и др.], 2020. – 496 с.
- Дятлов А. Проектирование радиосистем передачи информации с использованием фазоманипулированных сигналов. / Южный федеральный университет. - Ростов-на-Дону : Издательство Южного федерального университета (ЮФУ), 2017. - 100 с.
- Карпушкин Э.М., Крючков М.И., Лопатченко А.С. Радиосистемы передачи информации. Лабораторный практикум. Учебно-методическое пособие. – Минск. БГУИР, 2016,- 64с.

б) дополнительная литература:

- А. С. Садовомский, С. В. Воронов. Радиотехнические системы передачи информации: учебное пособие . – Ульяновск : УлГТУ, 2014. – 120 с.
- Радиосистемы передачи информации: учебное пособие для вузов/ Под ред. И.Б. Федорова и В.В. Калмыкова .- 2-е изд., стер. М.: Горячая линия – Телеком, 2015. - 472с.
- Никольский, Б. А. Основы радиотехнических систем [Электронный ресурс] - Самара, 2013.
- Радиотехнические системы передачи информации: учебно-методический комплекс /сост. О. С. Голод, О. Л. Соколов - СПб.: Изд-во СЗТУ, 2009. - 132 с.
- Фомин А. И. Синхронизация цифровых радиосистем передачи информации. - М: САЙНС-ПРЕСС, 2008. - 80 с.

в) ресурсы сети Интернет:

- Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ – <http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>
- Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ – <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>
- ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>

– Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU: <http://elibrary.ru/>.

13. Перечень информационных технологий

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– Microsoft Office 2010 Russian Academic Open, Microsoft Windows Professional 7 Academic Open (Лицензия №47729022 от 26.11.2010); свободно распространяемое программное обеспечение SMath Studio Desktop

б) информационные справочные системы:

– ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>

– Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>

14. Материально-техническое обеспечение

14. Материально-техническое обеспечение

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения занятий семинарского типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

15. Информация о разработчиках

Дорофеев Игорь Олегович, к.ф.-м.н., доцент кафедры радиоэлектроники, РФФ ТГУ, доцент.