

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

Радиофизический факультет

УТВЕРЖДАЮ:
Декан

А. Г. Коротаев

Рабочая программа дисциплины

Современные системы радиосвязи
по направлению подготовки

03.04.03 Радиофизика, 12.04.03 Фотоника и оптоинформатика

Направленность (профиль) подготовки :
Цифровые технологии фотоники и радиофизики

Форма обучения
Очная

Квалификация
Инженер-исследователь

Год приема
2025

СОГЛАСОВАНО:
Руководитель ОП
А.П. Коханенко

Председатель УМК
А.П. Коханенко

Томск – 2025

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

БК-2 Способен использовать научные методы для решения профессиональных задач

ПК-2 Способен осуществлять построение математических моделей объектов исследования и выбор готового или разработку нового алгоритма решения задачи

ПК-3 Способен использовать современное оборудование для решения профессиональных задач

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

РОБК-2.1 Знает: основные методы научных исследований.

РОПК-2.1 Формулирует постановку задачи, определяет параметры и функции разрабатываемой системы.

РОПК-2.2 Определяет алгоритм и набор параметров, с учётом которых должно быть проведено моделирование устройства или системы.

РОПК-2.3 Проводит компьютерное моделирование устройства или системы.

РОПК-3.1 Понимает принципы действия устройств и систем, предназначенных для решения профессиональных задач

РОПК-3.2 Проводит измерения с использованием современных устройств и систем для решения профессиональных задач

РОПК-3.3 Обрабатывает и анализирует результаты исследований

2. Задачи освоения дисциплины

– Обучить студентов методам разработки устройств цифровой радиосвязи с использованием систем программно-определяемого радио.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

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

Дисциплина относится к обязательной части образовательной программы.

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

Второй семестр, экзамен

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются компетенции, сформированные в ходе освоения образовательных программ предшествующего уровня образования.

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 часов, из которых:

-лекции: 16 ч.

-лабораторные работы: 28 ч.

в том числе практическая подготовка: 0 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Тема 1. Программно-определяемое радио, математический аппарат цифровой обработки сигналов

Общее представление о программно-определяемом радио, комплексное представление сигналов, преобразование Гильберта, видео и радиосигналы, пространство сигналов, квадратурные составляющие. Ряд Фурье, преобразование Фурье, дискретное преобразование Фурье, преобразование Лапласа, дискретное преобразование Лапласа, z-преобразование. Дискретизация и квантование сигналов, цифровые сигналы, теорема Котельникова. Цифровая модуляция сигналов. Амплитудная модуляция, частотная синхронизация, АМ-детектор. Фазовый детектор, LOOP-фильтр. Частотная модуляция, ЧМ-детектор. BPSK-модуляция, QPSK-модуляция, QAM-модуляция. Фильтрация и интерполяция при формировании сигналов с цифровой модуляцией. Согласованная фильтрация при приеме. Временная синхронизация. Частотная синхронизация. Коррекция частоты и фазы дискретизации в приемном тракте.

Тема 2. Введение в MatLab/Simulink

Инструменты среды для научных расчетов MatLab, скрипты, функции, переменные, типы данных, построение графиков, массивы, матрицы и операции над ними, структуры, системные объекты, классы. Средства среды моделирования динамических систем Simulink, библиотека блоков, манипуляция с блоками и соединениями, работа с переменными и параметрами, вывод результатов моделирования в рабочее пространство, запись в файл, кадры и их обработка, комплексные и вещественные сигналы, работа с программно-определяемым радио (SDR)

Тема 3. Передача и прием амплитудно-модулированных сигналов

Формирование амплитудно-модулированного сигнала. Анализатор спектра. Преобразователь Гильберта, подавление боковой полосы. Передача и прием амплитудно-модулированных сигналов с использованием программно-определяемого радио. Частотная синхронизация.

Тема 4. Системы радиосвязи с цифровой модуляцией сигналов

Модуляционные символы, модуляционные созвездия, BPSK, QPSK, QAM. Интерполяция и фильтрация сигналов. Модель QPSK-модулятора. Модель QPSK-приемника. Передача и прием QPSK-сигналов с помощью программно-определяемого радио.

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения устных опросов, тестов по лекционному материалу, выполнения лабораторных работ и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр. Самостоятельная работа студентов состоит в изучении теоретического материала, выполнении тестов с возможностью работы над ошибками, подготовке к лабораторным работам, выполнении домашней работы по решению задач.

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Экзамен во втором семестре проводится в письменной форме по билетам. Билет содержит два теоретических вопроса. Продолжительность экзамена 1,5 часа.

Вопросы проверяют РОБК 2.2, РОПК 2.1, РОПК 2.2, РОПК 2.3, РОПК 3.1, РОПК 3.2, РОПК 3.3. Ответы на вопросы даются в развернутой форме.

Примерный перечень теоретических вопросов:

1. Сигналы с амплитудной манипуляцией.
2. Структура программно-определяемого радио.
3. Сигналы с фазовой манипуляцией.
4. Системы передачи данных с расширением спектра методом прямой последовательности

5. Сигналы с частотной манипуляцией. Частотная манипуляция с минимальным частотным сдвигом.
6. Энергетическая эффективность системы радиовещания.
7. Квадратурная амплитудная модуляция сигналов.
8. Битовая и символьная скорость.
9. Сигналы с ортогональным частотным мультиплексированием.
10. Ортогональность сигналов.
11. Преобразование Гильберта. Аналитический дискретный сигнал.
12. Вероятность ошибки в системах связи.
13. Анализ помехоустойчивости и энергетической эффективности сигналов с цифровой модуляцией.
14. Особенности моделирования систем радиовещания в среде динамического моделирования Simulink.
15. Методы и алгоритмы частотной синхронизации
16. Интерполяция и фильтрация сигналов
17. Модель QPSK-модулятора.
18. Модель QPSK-приемника.
19. Передача и прием QPSK-сигналов с помощью программно-определяемого радио.
20. Модель BPSK-модулятора.
21. Модель BPSK-приемника.
22. Передача и прием BPSK-сигналов с помощью программно-определяемого радио.

Студент, не аттестованный в контрольной точке, не допускается к сдаче экзамена.

Результаты экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «не удовлетворительно».

Компетенция	Индикатор компетенции	Критерии оценивания результатов обучения		Хорошо	Отлично
		Не удовлетворительно	Удовлетворительно		
ПК-2 Способен осуществлять построение математических моделей объектов исследования и выбор готового или разработку нового алгоритма решения задачи.	РОПК-2.1 Формулирует постановку задачи, определяет параметры и функции разрабатываемой системы.	Не имеет представления о параметрах и функциях разрабатываемой системы	Имеет общее представление о параметрах и функциях разрабатываемой системы	Допускает отдельные неточности в описании о параметров и функций разрабатываемой системы	Имеет полное представление о параметрах и функциях разрабатываемой системы
	РОПК-2.2 Определяет алгоритм и набор параметров, с учётом которых должно быть проведено моделирование устройства или системы.	Не имеет представления о системе моделирования динамических систем MatLab/Simulink	Имеет представление о системе моделирования динамических систем MatLab/Simulink. Испытывает затруднения при создании модели цифрового устройства	В целом успешно, но с отдельными пробелами, выполняет создание модели цифрового устройства	Уверенно создает модель цифрового устройства
	РОПК-2.3 Проводит компьютерное моделирование устройства или системы.	Не имеет представления о методах моделирования систем радиосвязи	Имеет представление о методах моделирования систем радиосвязи	Успешно, но с отдельными проблемами выполняет моделирование систем радиосвязи	Уверенно выполняет моделирование систем радиосвязи
ПК-3 Способен использовать современное оборудование для решения профессиональных задач в области радиофизики и электроники	РОПК-3.1 Понимает принципы действия устройств и систем, предназначенных для решения задач в области радиофизики и электроники	Не имеет представления о системах программно-определяемого радио	Имеет представление о системах программно-определяемого радио	Умеет использовать системы программно-определяемого радио и настраивать параметры системы	Уверенно использует системы программно-определяемого радио и настраивает параметры системы

	РОПК-3.2 Проводит измерения с использованием современных устройств и систем для решения профессиональных задач	Не умеет получать и анализировать свойства сигналов в моделируемой системе радиосвязи	Умеет получать и анализировать свойства сигналов в моделируемой системе радиосвязи	Легко ориентируется в методах получения и анализа свойств сигналов в моделируемой системе радиосвязи	Легко ориентируется в методах получения и анализа свойств сигналов в моделируемой системе радиосвязи
	РОПК-3.2 Предлагает новые идеи и подходы к решению научно-исследовательских и прикладных задач с использованием информационных систем и технологий	Не может предложить идей по моделированию систем радиосвязи	Предлагает, но неуверенно, идеи по моделированию систем радиосвязи	Предлагает идеи по моделированию систем радиосвязи	Уверенно предлагает несколько обоснованных вариантов моделирования системы радиосвязи
БК-2 Способен использовать научные методы для решения профессиональных задач	РОБК-2.1 Знает: основные методы научных исследований	Не знает основных методов научных исследований	Перечисляет основные методы, но не может разъяснить их суть	Ориентируется в основных методах научных исследований	Легко ориентируется в методах научных исследований

11. Учебно-методическое обеспечение

а) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

б) Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

– Пономарев О.Г. Разработка и моделирование цифровых устройств средствами MatLab/Simulink. Уч.-метод. пособие. – Томск: Томский государственный университет, 2013. – 52 с.

– Сюзов В.В. Цифровая обработка сигналов: методы и алгоритмы. Уч. пособие. – М: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. – 532 с.

– Лайонс Р. Цифровая обработка сигналов. – М: «Бином-Пресс», 2011 г. – 654 с.

– Пономарев О.Г. Цифровая модуляция сигналов. Уч.-метод. пособие. – Томск: Томский государственный университет, 2010. – 46 с.

б) дополнительная литература:

– Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов. – СПб: «Питер», 2002 г. – 608 с.

– Смит С. Цифровая обработка сигналов. Практическое руководство для инженеров и научных работников. – М: «Додэка XXI», 2008. – 720 с.

– Rice M. Digital Communications: A Discrete-Time Approach. - Pearson, 2008. – 608 p.

в) ресурсы сети Интернет:

– открытые онлайн-курсы

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

– Электронный ресурс American Institute of Physics <https://www.scitation.org/>

– Электронный ресурс American Physical Society <https://journals.aps.org/>

– Электронный ресурс ScienceDirect: <https://www.sciencedirect.com/>

– Электронный ресурс SpringerLink: <https://link.springer.com/>

– Электронный ресурс SPIE Digital Library: <https://www.spiedigitallibrary.org/>

13. Перечень информационных технологий

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– среда для выполнения научных расчетов MathWorks MatLab R2011a (License No: 700021)

– пакеты расширения MathWorks MatLab: MathWorks Simulink, MathWorks FixedPoint Toolbox, Simulink FixedPoint Blockset, Simulink HDL Coder (License No: 700021)..

б) информационные справочные системы:

– 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/>

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

– ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>

– ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

14. Материально-техническое обеспечение

Освоение дисциплины обеспечено наличием учебной лаборатории на кафедре радиофизики НИ ТГУ, где имеются маркерная доска, мультимедийный проектор с экраном, 6 компьютерных рабочих мест, оборудованных необходимым программным обеспечением (MatLab R2011a с пакетами расширения), 6 устройств программно-определяемого радио Adalm Pluto.

15. Информация о разработчиках

Пономарев Олег Геннадьевич, кандидат физико-математических наук, Томский государственный университет, доцент