

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

Радиофизический факультет

УТВЕРЖДАЮ:
Декан

А. Г. Коротаев

Рабочая программа дисциплины

Формирование сигналов в восходящем канале связи 5G NR
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:

ОПК-3 Способен применять современные информационные технологии, использовать компьютерные сети и программные продукты для решения задач профессиональной деятельности.

ПК-1 Способен производить анализ состояния научно-технической проблемы, технического задания, формулировать цель и задачи научного исследования в области профессиональной деятельности.

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:

РООПК-3.2 Предлагает новые идеи и подходы к решению научно-исследовательских и прикладных задач с использованием информационных систем и технологий

РОПК 1.1 Формулирует проблему и определяет предметную область исследования;

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

2. Задачи освоения дисциплины

– Освоить физический уровень передающего устройства абонента системы мобильной радиосвязи пятого поколения.

– Научиться формировать сигналы восходящего канала связи 5G NR.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

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

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений.

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

Третий семестр, зачет с оценкой

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: 32 ч.

-лабораторные работы: 44 ч.

в том числе практическая подготовка: 0 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Тема 1. Общая структура радиокадра

BWP, радиокадр, OFDM-модуляция, частотно-временная сетка ресурсов, разнесение поднесущих, подкадры, слоты, модуляционные символы.

Тема 2. Формирование канала случайного доступа PRACH

Режим установления связи, последовательность отсчетов PRACH, распределение по частотно-временной сетке ресурсов, корреляционный прием.

Тема 3. Передача управляющей информации

Управляющий канал PUCCH, пять форматов управляющего канала, референсный сигнал DMRS для PUCCH, особенности приема PUCCH нулевого формата.

Тема 4. Передача данных

Канал PUSCH, помехоустойчивое кодирование, согласование скоростей, виды модуляции, референсный сигнал DMRS для канала PDSCH, референсный сигнал PTRS.

Тема 5. Оценка состояния нисходящего канала

Сигнал SRS и его параметры. Использование SRS для оценки качества канала, сопровождения абонента, выбора луча.

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, оформлении отчетов по лабораторным работам.

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Зачет в третьем семестре проводится в письменной форме по билетам. Билет содержит два теоретических вопроса. Продолжительность зачета 1,5 часа.

Вопросы проверяют РОПК 1.1; РОПК 2.1; ИПК 2.2; РОПК 3.1. Ответы на вопросы даются в развернутой форме.

Примерный перечень теоретических вопросов:

1. Частотно-временная сетка ресурсов.
2. Что такое BWP.
3. Режим установления связи.
4. Формирование сигнала канала PRACH.
5. Модуляция в канале PUSCH.
6. OFDM-модуляция в восходящем канале 5G NR.
7. Структура сигналов канала PRACH.
8. Помехоустойчивое кодирование данных канала PUSCH.
9. Сигнал SRS и его параметры.
10. Передача управляющей информации в восходящем канале связи.
11. Сигнал DMRS для канала PUSCH.
12. PUCCH нулевого формата.
13. Режим установления связи. Общая сетка частот.
14. OFDM-модуляция и разнесение поднесущих.

15. Основные параметры сигнала канала PUSCH.
16. Основные параметры сигнала канала PUCCH.
17. Основные параметры сигнала канала SRS.

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

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

Компетенция	Индикатор компетенции	Критерии оценивания результатов обучения		Хорошо	Отлично
		Не удовлетворительно	Удовлетворительно		
ПК-1 Способен производить анализ состояния научно-технической проблемы, технического задания, формулировать цель и задачи научного исследования в области профессиональной деятельности	РОПК-1.1 Формулирует проблему и определяет предметную область исследования	Не имеет представления о структуре восходящего канала связи 5G NR	Имеет общее представление о структуре восходящего канала связи 5G NR, путается в назначении каналов и сигналов	Имеет полное представление о структуре восходящего канала связи 5G NR	Имеет полное представление о структуре восходящего канала связи 5G NR
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 владеет современными методами изучения, анализа информации в области радиофизики.	Частично владеет современными методами изучения, анализа информации в области радиофизики.	Владеет современными методами изучения, анализа информации в области радиофизики.	Уверенно владеет современными методами изучения, анализа информации в области радиофизики.
		Не обладает базовыми знаниями, необходимыми для определения параметров и функций разрабатываемого устройства радиофизики.	Обладает некоторыми базовыми знаниями, необходимыми для определения параметров и функций разрабатываемого устройства радиофизики.	Обладает базовыми знаниями, необходимыми для определения параметров и функций разрабатываемого устройства радиофизики.	Обладает полными знаниями, необходимыми для определения параметров и функций разрабатываемого устройства радиофизики.
	РОПК-2.2 Определяет алгоритм и набор параметров, с учётом которых должно быть	Не имеет представления о структуре радиокадра, частотно-временной сетке ресурсов	Имеет представление о структуре радиокадра, частотно-временной сетке ресурсов	Имеет полное представление о структуре радиокадра, частотно-временной сетке ресурсов	Имеет полное представление о структуре радиокадра, частотно-временной сетке ресурсов

	проведено моделирование устройства или системы.	Не знает основных параметров каналов и сигналов и их назначения	Знает некоторые из основных параметров каналов и сигналов и их назначения	Знает основные параметры каналов и сигналов и их назначение	Легко ориентируется в основных параметрах каналов и сигналов, их назначение, легко задает их значения
ПК-3 Способен использовать современное оборудование для решения профессиональных задач.	РОПК 3.1 Понимает принципы действия устройств и систем, предназначенных для решения профессиональных задач.	Не понимает принципов формирования сигналов в восходящем канале связи 5G NR	Имеет некоторое представление о принципах формирования сигналов в восходящем канале связи 5G NR	Имеет полное представление о принципах формирования сигналов в восходящем канале связи 5G NR	Имеет полное представление о принципах формирования сигналов в восходящем канале связи 5G NR

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:

– Dahlman E, Parkvall S, Skold J 5G NR: The Next Generation Wireless Access Technology. — Academic Press, 2018. — 466 p.

б) дополнительная литература:

– 3GPP TS 38.211. “Physical channels and modulation” Ver. 15.0.0, release 15, 2018.

– 3GPP TS 38.213. “Physical layer procedures for control” Ver. 15.0.0, release 15, 2019.

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:

– Mathworks MatLab;

– публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).

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

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения лабораторных работ, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная компьютерной техникой.

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

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