

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

Радиофизический факультет

УТВЕРЖДЕНО:

Декан

А. Г. Коротаев

Рабочая программа дисциплины

Электродинамика сверхширокополосного излучения

по направлению подготовки

03.04.03 Радиофизика

Направленность (профиль) подготовки:

Радиофизика, электроника и информационные системы

Форма обучения

Очная

Квалификация

Магистр

Год приема

2025

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

Д.Я. Суханов

Председатель УМК

А.П. Коханенко

Томск – 2025

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания в области физики и радиофизики для решения научно-исследовательских задач, в том числе в сфере педагогической деятельности;

ОПК-2 Способен определять сферу внедрения результатов прикладных научных исследований в области своей профессиональной деятельности;

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

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК 1.1 Представляет современную научную картину мира, выявляет естественнонаучную сущность проблемы, формулирует задачи в области радиофизики и радиоэлектроники и определяет пути их решения

ИОПК 1.2 Организует проведение научного исследования и разработку в области радиофизики и радиоэлектроники

ИОПК 2.1 Представляет и аргументировано защищает полученные результаты профессиональной деятельности

ИОПК 2.2 Оценивает прикладные результаты профессиональной деятельности, предлагает возможные области их применения и целесообразный режим правовой охраны в качестве интеллектуальной собственности

ИПК 1.1 Формулирует проблему и определяет предметную область исследования

ИПК 1.2 Проводит поиск и анализ научно-технической информации и патентной документации, отечественного и зарубежного опыта в выбранной области радиофизики и электроники

ИПК 1.3 Представляет информацию в систематизированном виде, формулирует цель исследования

2. Задачи освоения дисциплины

– Изучение явлений, сопровождающих существенно нестационарные процессы, связанные с излучением, распространением, рассеянием и приемом электромагнитных импульсов очень короткой длительности.

– Ознакомление с существующими сверхширокополосными системами: связи, ближней радиолокации, подповерхностного зондирования, биорадиолокации а также с потенциально перспективными системами и комплексами в интенсивно осваиваемых высокочастотных диапазонах электромагнитного излучения.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

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

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, предлагается обучающимся на выбор. Дисциплина входит в модуль Модуль «Радиоволновая томография».

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

Второй семестр, зачет

5. Входные требования для освоения дисциплины

Наличие у студента компетенций, сформированных при освоении дисциплин: «Физика», «Дифференциальные уравнения», «Методы математической физики», «Электродинамика», «Статистическая радиофизика».

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 з.е., 72 часов, из которых:

-лекции: 18 ч.

-семинар: 10 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Тема 1. Предмет и задачи дисциплины.

Основные понятия и определения. Шкала электромагнитных волн и области применения сверхширокополосного (СШП) электромагнитного излучения. Виды источников излучения. Расширение полосы используемых частот как основной фактор повышения потенциала СШП-систем. Формула Шеннона. Сравнительная характеристика видеолокации и сверхкороткоимпульсной радиолокации. Краткая характеристика СШП систем связи.

Тема 2. Определения и характеристики СШП импульсов.

Основные определения: параметры электрических импульсов; характеристики импульсов СШП излучения. Формы представления импульсного электромагнитного излучения: временное представление; спектральное представление. Теорема Парсеваля. Огибающая, мгновенная фаза и мгновенная частота сигнала. Аналитический сигнал.

Тема 3. Основные положения электродинамики нестационарных процессов.

Уравнения Максвелла и волновые уравнения. Уравнения баланса энергии и однозначность решений уравнений Максвелла. Начальные и граничные условия. Электродинамические потенциалы. Уравнения Ефименко.

Тема 4. Обобщенные леммы, типа леммы Лоренца.

Вывод лемм трех видов. Теоремы взаимности для элементарных диполей и произвольных антенн. Краевые задачи электродинамики нестационарных процессов.

Тема 5. Излучение СШП импульсов элементарными источниками.

Электрический диполь Герца. Щелевой излучатель. Реальный аналог магнитного диполя. Излучение одиночного прямолинейного проводника.

Тема 6. Поля излучателей СШП импульсов конечных размеров.

Излучение кольцевых источников. Излучение дисковых и круговых апертурных источников.

Тема 7. Распространение СШП импульсов в атмосфере Земли.

Краткие сведения о модели Liebe для показателя преломления земной атмосферы. Расчет спектра модифицированного импульса типа "двойная экспонента". Особенности распространения импульсов наносекундной и пикосекундной длительности.

Тема 8. Распространение СШП импульсов в плоскостойких средах.

Прохождение плоской импульсной электромагнитной волны через однородный плоскопараллельный диэлектрический слой: постановка и решение задачи во временной области. Альтернативный метод решения задачи. Распространение импульсов, возбуждаемых точечным источником в плоскостойкой среде.

Тема 9. Рассеяние СШП импульсов проводящими объектами.

Постановка задачи. Вывод расчетных соотношений в рамках нестационарного метода Кирхгофа. Расчет рассеяния каноническими идеально проводящими объектами: прямоугольной пластиной, трехосным эллипсоидом, сферой, конечным конусом. Характерные особенности рассеянного поля.

Тема 10. Специфические механизмы рассеяния СШП излучения.

Ползущие волны на идеально проводящем выпуклом объекте. Вейвлет-анализ рассеяния диэлектрической сферой.

Тема 11. СШП связанные системы.

Разрешенные для безлицензионного использования диапазоны частот. Нежелательные излучения. Спектральные маски. Дальность действия в условиях ограничений. Зависимость скорости передачи информации от дальности связи.

Тема 12. СШП спутниковые системы связи.

Перспективы применения СШП импульсных радиосигналов в спутниковых системах связи и системах дальней радиосвязи. Спектр сигнала и ограничения на его применение. Характеристика атмосферы Земли на частотах выше 50 ГГц. Шумовые характеристики при приеме в диапазоне 70-170 ГГц.

Тема 13. Источники мощного СШП излучения.

Специализированные антенные системы. Комбинированные антенны: физические принципы; компьютерное моделирование; варианты конструктивных решений.

Тема 14. Сверхширокополосные радиосистемы ближнего радиуса действия.

Системы сближения, дозора и охранные системы. Биорадиолокация.

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем: контроля посещаемости, проведения тестирования по лекционному материалу, обсуждения кейсов по темам занятий и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

Оценочные материалы текущего контроля размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» - <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Зачет во втором семестре проводится в письменной форме по билетам и включает: ответы на два теоретических вопроса билета и дополнительные шесть контекстных вопросов. Продолжительность зачета 1 час.

Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» - <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» - <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=00000>

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

в) План семинарских по дисциплине.

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

– Беличенко В. П. Сверхширокополосные импульсные радиосистемы / В. П. Беличенко, Ю. И. Буянов, В. И. Кошелев; под общ. ред. В. И. Кошелева. – Новосибирск: Наука, 2015. – 483 с.

– Широкополосные и сверхширокополосные сигналы и системы / под ред. А. Ю. Гринева, Радиотехника, 2009, 168 с.

– Радзиевский В.Г., Трифонов П.А. Обработка сверхширокополосных сигналов и помех. – М.: Радиотехника, 2009. – 288с.

– Якубов В.П., Шипилов С.Э., Суханов Д.Я., Клоков А.В. Радиоволновая томография: достижения и перспективы: монография / под. ред. В.П. Якубова. –

Томск: Изд-во НТЛ, 2014. – 264 с.

– Биорадиолокация / [А.В. Абрамов [и др]; под ред. А.С. Бугаева, С.И. Ивашова, И.Я. Иммореева. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. – 396 с.

б) дополнительная литература:

– Ашихмин А.В. Проектирование и оптимизация сверхширокополосных антенных устройств и систем для аппаратуры. – М.: Радиотехника, 2005. – 486 с.

– Моделирование малогабаритных сверхширокополосных антенн: Монография / Под ред. В.Б. Авдеева и А.В. Ашихмина. – Воронеж: - Изд-во ВГУ, 2005. – 223 с.

– Вопросы перспективной радиолокации. Коллективная монография /под ред. А.В. Соколова / М.: Радиотехника, 2003. – 512 с.

– Якубов В.П., Беличенко В.П., Фисанов В.В. Основы электродинамики излучения и его взаимодействия с веществом: учебное пособие. – Томск: Изд-во НТЛ, 2010. – 296 с.

– Лазоренко О.В., Черногор Л.Ф. Сверхширокополосные сигналы и физические процессы. 1. Основные понятия, модели и методы описания // Радиофизика и радиоастрономия. – 2008. – Т. 13. – № 2. – С. 166-194.

– Лазоренко О.В., Черногор Л.Ф. Сверхширокополосные сигналы и физические процессы. 2. Методы анализа и применение // Радиофизика и радиоастрономия. – 2008. – Т. 13. – № 4. – С. 270-322.

в) ресурсы сети Интернет:

– открытые онлайн-курсы

13. Перечень информационных технологий

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office OneNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);

– 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/>

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

Беличенко Виктор Петрович, доктор физ.-мат. наук, доцент, кафедра радиофизики, профессор.