

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

Радиофизический факультет

УТВЕРЖДЕНО:

Декан

А. Г. Коротаев

Рабочая программа дисциплины

Устройства СВЧ и антенны

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

Томск – 2025

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-1 Способен представить адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики..

ОПК-3 Способен к логическому мышлению, обобщению, прогнозированию, постановке исследовательских задач и выбору путей их достижения, освоению работы на современном измерительном, диагностическом и технологическом оборудовании, используемом для решения различных научно-технических задач в области радиоэлектронной техники и информационно-коммуникационных технологий.

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.

ПК-4 Способен выполнять исследования с целью совершенствования и роста технических характеристик радиоэлектронной аппаратуры с использованием стандартных пакетов прикладных программ.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК 1.1 Применяет основные положения, законы, методы естественнонаучных и математических дисциплин

ИОПК 3.1 Знает основные законы функционирования и процессы, происходящие в радиоэлектронных системах и комплексах

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

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

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

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

ИПК 4.1 Применяет прикладные методы моделирования процессов в радиоэлектронных системах передачи информации

ИПК 4.2 Владеет приемами компьютерного моделирования радиоэлектронных систем и комплексов передачи информации с целью предсказания и улучшения их параметров

ИПК 4.3 Применяет стандартные прикладные программные средства при проведении модельных экспериментов

2. Задачи освоения дисциплины

– Освоить аппарат методов математической физики и электродинамики СВЧ.

– Научиться применять понятийный аппарат электродинамики излучающих систем для решения практических задач профессиональной деятельности.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

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

Дисциплина относится к обязательной части образовательной программы.

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

Девятый семестр, экзамен

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: математический анализ, методы математической физики, электродинамика.

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины

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

-лекции: 30 ч.

-лабораторные: 60 ч.

-семинар: 16 ч.

в том числе практическая подготовка: 30 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Часть 1. Фидерные линии и пассивные устройства на их основе

Тема 1.1 Регулярные линии передачи

Основные уравнения, гармонические волны, однородные и неоднородные волны, затухание волн. Теоремы и принципы электродинамики, используемые в теории антенн. Направляемые волны, линии передачи, типы волн, критические частоты, технические характеристики, применение. Линии с Т-волнами (коаксиальные кабели, полосковые линии), диэлектрические волноводы и ВОЛС.

Тема 1.2 Линии передачи конечной длины

Коэффициент отражения, распределение амплитуд напряжений и токов при различных нагрузках, входное сопротивление отрезка линии. Диаграмма Вольперта. Узкополосное согласование. Понятие о широкополосном согласовании.

Тема 1.3 Пассивные устройства на основе линий передач

Волновые матрицы рассеяния и передачи. Соответствие физических свойств многополюсников и математических свойств их матриц рассеяния. Характерные двух-, четырех-, шести- и восьмиполюсники: аттенюаторы, фазовращатели, трансформаторы сопротивлений, тройники, направленные ответвители и мосты.

Часть 2 Антенны

Тема 2.1 Введение

Основы теории антенно-фидерных устройств. Дальняя, промежуточная и ближняя зоны излучения антенн. Комплексная векторная диаграмма направленности антенн. Свойства элементарных (коротких) излучателей.

Тема 2.1 Параметры передающих и приемных антенн

Амплитудная диаграмма направленности, коэффициент направленного действия, импеданс, коэффициент усиления, действующая высота антенны. Передаточная функция передающей антенны, ЭДС приемной антенны, передаточная функция приемной антенны, мощность в нагрузке приемной антенны.

Тема 2.2 Антенны стоячих волн

Распределение тока в проводе конечной длины. Распределение тока в симметричном вибраторе. Диаграмма направленности, сопротивление излучения и КНД симметричного вибратора. Входное сопротивление вибратора. Типы вибраторов: петлевой, щелевой, несимметричный, рамочные антенны, схемы их питания. Полосковые антенны. Широкополосные антенны.

Тема 2.3 Антенны бегущей волны

Антенны бегущей волны, диэлектрические и спиральные антенны.

Тема 2.4 Антенные решетки

Линейные антенные решетки. Теорема о перемножении диаграмм направленности. Анализ множителя решетки. Примеры антенн с разным коэффициентом замедления: волноводно-щелевые антенны. Фазированные антенные решетки.

Тема 2.5 Апертурные антенны

Внешняя и внутренняя задачи анализа апертурных антенн и методы их решения. Коэффициент использования поверхности антенны. Волноводные и рупорные антенны. Линзовые и зеркальные антенны. Разновидности апертурных антенн.

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения контрольных работ, тестов по лекционному материалу, деловых игр по темам, выполнения домашних заданий и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Экзамен в девятом семестре проводится в письменной форме по билетам. Экзаменационный билет состоит из трех частей. Продолжительность экзамена 1,5 часа.

Структура экзамена должна соответствовать компетентностной структуре дисциплине. При описании системы оценивания итогового контроля по дисциплине необходимо продемонстрировать достижение всех запланированных индикаторов – результатов обучения.

Первая часть представляет собой тест из 5 вопросов, проверяющих ИУК-1.1. Ответы на вопросы первой части даются путем выбора из списка предложенных.

Пример

Таблица 1.

1	Какая доля мощности отражается от нагрузки линии, если $K_{СВ} = 2$?	а) 0.5 б) 0.3 в) 0.2 г) 0.1
2	В каком случае волновое сопротивление линии передачи может превышать волновое сопротивление свободного пространства?	а) волновод с волной Е типа, б) волновод с волной Н типа, в) волновод с волной ЕН типа, г) волновод с волной Т типа,
3	Как зависит реактанс линейного излучателя от его поперечных размеров?	а) при увеличении поперечных размеров реактанс увеличивается, б) при увеличении поперечных размеров реактанс уменьшается, в) при увеличении поперечных размеров реактанс не меняется,
4	Как изменится форма ДН линейного излучателя, если от равномерного амплитудного распределения перейти к спадающему к краям?	а) появится провал в ДН без изменения УБЛ б) расширится ДН и увеличится УБЛ в) увеличится ширина ДН и уменьшится УБЛ
5	Как изменится КНД синфазной АР, если расстояние между элементами увеличить с 0.5 до 1.5 длины волны?	а) увеличится в 3 раза, б) не изменится, в) уменьшится в 3 раза

Вторая часть содержит два вопроса, проверяющие ИОПК-2.2. Ответ на вопрос второй части дается в развернутой форме.

Примерный перечень теоретических вопросов

1. Прямоугольные волноводы. Структура поля Н-волн, Н-волна основного типа, длина волны, эквивалентное волновое сопротивление, затухание Н-волны.
2. Четырехполосники. Типы четырехполосников, неоднородности, аттенюаторы, фазовращатели, трансформаторы и их матрицы рассеяния.
3. Параметры антенны, характеризующие ее как источник радиоволн.
4. Апертурные антенны. Рупорные антенны. Оптимальный рупор.

Третья часть содержит 2 вопроса, проверяющих ИПК-3.3 и оформленные в виде практических задач. Ответы на вопросы третьей части предполагают решение задач и краткую интерпретацию полученных результатов.

Примеры задач:

1. Во сколько раз ширина ДН открытого конца волновода в плоскости E больше ширины ДН в плоскости H , если размеры сечения волновода $a=2b$?
2. Определить КНД зеркальной антенны в виде параболоида вращения $d_p=80\text{ см}$, работающей на длине волны $\lambda=2\text{ см}$.

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

Таблица 2.

«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
слабо сформированные знания по дисциплине, и не умеет решать типовые задачи	знает определения и формулировки теорем, умеет решать типовые задачи	знает определения и формулировки теорем, умеет доказывать теоремы, умеет решать типовые задачи	хорошо ориентируется в пределах изученных разделов дисциплины, знает определения и формулировки теорем, умеет доказывать теоремы, умеет решать типовые задачи

Основные критерии оценки устного экзамена

Таблица 3.

Критерии	Шкала оценивания		
	«отлично»	«хорошо»	«удовлетворительно»
Владение специальной терминологией	Свободно владеет терминологией из различных разделов курса,	Владеет терминологией, при неверном употреблении сам может их исправить	Редко использует при ответе термины, подменяет одни понятия другими, не всегда понимая различия
Глубина и полнота знания теоретических основ курса	Демонстрирует прекрасное знание предмета, соединяя при ответе знания из разных разделов,	Хорошо владеет всем содержанием, видит взаимосвязи, может провести анализ и т.д., но не всегда	Отвечает только на конкретный вопрос, соединяет знания из разных разделов курса только при наводящих

	добавляя комментарии, пояснения, обоснования	делает это самостоятельно без помощи экзаменатора	вопросах экзаменатора
Умение проиллюстрировать теоретический материал примерами	Отвечая на вопрос, может быстро и безошибочно проиллюстрировать ответ собственными примерами	Может подобрать соответствующие примеры, чаще из имеющихся в учебных материалах	С трудом может соотнести теорию и практические примеры из учебных материалов; примеры не всегда правильные
Дискурсивные умения (если включены в результаты обучения)	Демонстрирует различные формы мыслительной деятельности: анализ, синтез, сравнение, обобщение и т.д. Владеет аргументацией, грамотной речью.	Присутствуют некоторые формы мыслительной деятельности: анализ, синтез, сравнение, обобщение и т.д. Хорошая аргументация, четкость, лаконичность ответов.	С трудом применяются формы мыслительной деятельности: анализ, синтез, сравнение, обобщение и т.д. Слабая аргументация, нарушенная логика при ответе, однообразные формы изложения мыслей.

11. Учебно-методическое обеспечение

- а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» - <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=13197>
- б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.
- в) План семинарских / практических занятий по дисциплине.
- г) Методические указания по проведению лабораторных работ.
- д) Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

- а) основная литература:
 - Сазонов Д.М. Антенны и устройства СВЧ. – М.: Высш. шк., 1988. – 432 с,
 - Нефёдов Е. И. Устройства СВЧ и антенны: Учебное пособие для вузов– М.: Академия, 2009. – 384 с.
 - Устройства СВЧ и антенны / Под ред. Д.И. Воскресенского. – М.: Радиотехника, 2006. – 376 с.
 - Буянов Ю.И., Гошин Г.Г. Антенно-фидерные устройства и распространение радиоволн: учебн. пособие/-Томск: Изд-во Томск. ун-та систем упр. и радиоэлектроники, 2017. – 324 с.
- б) дополнительная литература:
 - Ю. П. Саломатов, В. С. Панько, К. В. Лемберг и др. Устройства сверхвысоких частот и антенны: учебное пособие/ Красноярск: изд. СФУ, 2020. – с. 181.
 - Гошин Г.Г., Антенны и фидеры. Сборник задач с формулами и решениями: Учебное пособие. — Томск, ТУСУР, 2012. — 236 с.
 - Антенны, СВЧ-устройства и их технологии: учеб. пособие/ Нечаев Ю.Б., Николаев В.И., Андреев Р.Н., Винокурова Н.Н.; под общ. ред. Нечаева Ю.Б., Николаева В.И., - 2-е изд. Воронеж: ОАО Концерн “Созвездие”, 2008. – 629 с.
 - Буянов Ю. И. Физика волновых процессов: конспект лекций: [по направлению 511500 (радиофизика)]/; Том. гос. ун-т, 2011. 70 с.: ил. [Электронный ресурс] URL: <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Repository/vtls:000421258>
- в) ресурсы сети Интернет:

- открытые онлайн-курсы
- Журнал «Эксперт» - <http://www.expert.ru>
- Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики РФ - www.gsk.ru
- Официальный сайт Всемирного банка - www.worldbank.org
- Общероссийская Сеть Консультант Плюс Справочная правовая система. <http://www.consultant.ru>

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 On-eNote, 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/>
 - Образовательная платформа Юпайт – <https://urait.ru/>
 - ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>
 - ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>
- в) профессиональные базы данных (*при наличии*):
 - Университетская информационная система РОССИЯ – <https://uisrussia.msu.ru/>
 - Единая межведомственная информационно-статистическая система (ЕМИСС) – <https://www.fedstat.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.

Лаборатории на кафедре радиофизики НИ ТГУ, где имеются приборы и установки для измерения характеристик волновых процессов, а также компьютерные рабочие места для обработки результатов.

Аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации в смешенном формате («Актру»).

15. Информация о разработчиках

Буянов Юрий Иннокентьевич, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры радиофизики.

<https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=13197>