

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Нижегородский государственный технический университет
им. Р.Е. Алексеева» (НГТУ)

Образовательно-научный институт ядерной энергетики и технической
физики им. академика Ф.М. Митенкова (ИЯЭиТФ)

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института:

_____ М.А. Легчанов

“19” марта 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.ОД.9 Терагерцовая фотоника

для подготовки магистров

Направление подготовки: 11.04.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

Направленность: Антенны и устройства СВЧ в инфокоммуникациях

Форма обучения: очная

Год начала подготовки: 2024, 2025

Выпускающая кафедра: ФТОС

Кафедра-разработчик: ФТОС

Объем дисциплины: 72/2

часов/з.е

Промежуточная аттестация: зачет (3 семестр)

Разработчик: Вакс В.Л., к.ф.-м.н., профессор

Нижний Новгород
2025

Рабочая программа дисциплины: разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 11.04.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи, утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 22 сентября 2017 г. № 958 на основании учебных планов, принятых УМС НГТУ, протоколы от 21.05.2024 г. № 16 и 17.12.2024 № 6.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры протокол от 12 марта 2025 г. № 16.

Зав. кафедрой д.ф.-м.н., профессор, Раевский А.С. _____
(подпись)

Программа рекомендована к утверждению советом ИЯЭиТФ, протокол от 19 марта 2025 г. № 1.

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ, регистрационный № 11.04.02-а-18.

Начальник МО _____

Заведующая отделом комплектования НТБ

_____ Н.И. Кабанина

(подпись)

СОДЕРЖАНИЕ

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**ОШИБКА! ЗАКЛАДКА НЕ ОПР**
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ
3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)
4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.
6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ
9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ
10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ
11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1.1. Целью (целями) освоения дисциплины является формирование у студентов научных представлений и технических навыков в области фундаментальных и прикладных аспектов работы с сигналами ТГц частотного диапазона, а также создания на их базе устройств различного назначения, в том числе для ТГц спектроскопии, дистанционного зондирования и беспроводной связи.

1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля):

– ознакомление с особенностями распространения излучения ТГц частотного диапазона в различных средах, принципами построения источников и приемников излучения ТГц частотного диапазона, принципами создания спектрометров и систем построения изображений, применением ТГц спектроскопии и ТГц имиджинга для различных приложений (экологических, биомедицинских, а также для систем безопасности), а также подходами к созданию систем беспроводной связи с использованием излучения ТГц частотного диапазона

– приобретение навыков расчета и проектирования электронных средств и устройств ТГц частотного диапазона

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Учебная дисциплина (модуль) «Терагерцовая фотоника» включена в обязательный перечень дисциплин вариативной части образовательной программы вне зависимости от ее направленности (профиля). Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП, по данному направлению подготовки.

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: «Физика», «Физические основы электроники», «Оптоэлектронные и квантовые приборы и устройства», «Передающие устройства СВЧ-диапазона» в объеме программы бакалавриата.

Дисциплина «Терагерцовая фотоника» является основополагающей для прохождения следующих видов практик: Научно-исследовательская работа (Б2.П.1, Б2.П.2), Преддипломная практика (Б2.П.3).

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Процесс изучения дисциплины (модуля) направлен на формирование элементов следующих общепрофессиональных компетенций в соответствии с ОПОП ВО по направлению 11.04.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи:

ПКС-1 Способен анализировать состояние научно-технической проблемы путем подбора, изучения и анализа литературных и патентных источников.

ПКС-4 Способен применять в работе знание функциональных схем работы оборудования, владеть методами и способами поиска и устранения неисправностей на обслуживаемом оборудовании, линиях передачи, трактах и каналах, обеспечивать безопасность при выполнении работ

Формирование указанных компетенций размещено в таблице 1.

Таблица 1 – Формирование компетенций дисциплинами

<i>Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно</i>	<i>Семестры, формирования компетенций дисциплинами</i>			
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
ПКС-1				
Проблемы современной микроволновой электродинамики (Б1.В.ОД.3)				
Терагерцовая фотоника (Б1.В.ОД.9)				
Проблемы современной беспроводной связи. Часть 2 (ФТД.1)				
Проблемы современной волоконной оптики (ФТД.2)				
Научно-исследовательская работа (Б2.П.1)				
Научно-исследовательская работа(Б2.П.2)				
Выполнение и защита ВКР (Б3.Д.1)				
ПКС-4	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Автоматизированные измерения на СВЧ (Б1.В.ОД.5)				
Терагерцовая фотоника (Б1.В.ОД.9)				
Научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы) (Б2.У.1)				
Преддипломная практика (Б2.П.3)				
Выполнение и защита ВКР (Б3.Д.1)				

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся компетенций, представленных в таблице 2.

ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОП

Таблица 2 – Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине			Оценочные материалы (ОМ)	
					Текущего контроля	Промежуточной аттестации
ПКС-1 Способен анализировать состояние научно-технической проблемы путем подбора, изучения и анализа литературных и патентных источников	<i>Освоение дисциплины причастно к ТФ G/02.7 (ПС 06.048«Инженер-радиоэлектронщик в области радиотехники и телекоммуникаций"»), решает задачу разработки рабочих планов и программ проведения научных исследований и технических разработок, выбора методик и средств решения задачи, подготовки отдельных заданий для исполнителей; сбора, обработки, анализа и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбора методик и средств решения задачи.</i>					
	ИПКС-1.1. Осуществляет патентный поиск и сбор научно-исследовательской информации	Знать: - тенденции развития терагерцовой фотоники, принципах действия современных и перспективных направляющих систем и функциональных устройств, применяемых в терагерцовом частотном диапазоне	Уметь: - проводить самостоятельно поиск научно-технической информации о современном состоянии и тенденциях развития терагерцовой фотоники, принципах действия современных и перспективных направляющих систем и функциональных устройств, применяемых в терагерцовом частотном диапазоне		Темы докладов; Вопросы для групповых обсуждений	Вопросы для устного собеседования

	ИПКС-1.2. Осуществляет анализ и систематизацию научно-исследовательской информации		Уметь: - систематизировать знания, полученные в ходе поиска научно-технической информации о современном состоянии и тенденциях развития терагерцовой фотоники, принципах действия современных и перспективных направляющих систем и функциональных устройств, применяемых в терагерцовом частотном диапазоне		Темы докладов; Вопросы для групповых обсуждений	Вопросы для устного собеседования
	ИПКС-1.3. Составляет обзоры по результатам поиска, изучения и анализа литературных источников (в том числе иноязычных)			Владеть: - навыками составления обзоров по результатам изучения отечественной и зарубежной литературы по тематике исследований в области терагерцовой фотоники	Темы докладов; Вопросы для групповых обсуждений	Вопросы для устного собеседования
ПКС-4 Способен применять в работе знание	<i>Освоение дисциплины причастно к ТФ G/02.7 (ПС 06.048«Инженер-радиоэлектронщик в области радиотехники и телекоммуникаций"»)), решает задачу разработки методики и организации проведения экспериментов и испытаний, анализа их результатов.</i>					

функциональных схем работы оборудования, владеть методами и способами поиска и устранения неисправностей на обслуживаемом оборудовании, линиях передачи, трактах и каналах, обеспечивать безопасность при выполнении работ.	ИПКС-4.1. Применяет в работе знание функциональных схем современных устройств в области обработки и хранения информации; принципы действия устройств ТГц диапазона, используемых для передачи и приема сигналов ; устройств ТГц диапазона в инфокоммуникационных системах и сетях различных типов передачи распределения, обработки и хранения информации; устройств спектроскопии ТГц частотного диапазона и измерительных приборов, используемых при проведении экспериментальных исследований	Знать: - функциональные схемы современных устройств в области обработки и хранения информации; принципы действия устройств ТГц диапазона, используемых для передачи и приема сигналов ; устройств ТГц диапазона в инфокоммуникационных системах и сетях различных типов передачи распределения, обработки и хранения информации; устройств спектроскопии ТГц частотного диапазона и измерительных приборов, используемых при проведении экспериментальных исследований			Темы докладов; Вопросы для групповых обсуждений	Вопросы для устного собеседования
	ИПКС-4.2 Анализирует и выбирает варианты функциональных схем работы оборудования (пассивных и активных устройств терагерцового диапазона).	Знать: - принципы действия современных и перспективных систем терагерцовой фотоники; - физические эффекты и процессы, лежащие в основе принципов действия функциональных устройств терагерцовой фотоники	Уметь: - оценивать характеристики устройств терагерцовой фотоники		Темы докладов; Вопросы для групповых обсуждений	Вопросы для устного собеседования
	ИПКС-4.3 Использует современные инфокоммуникационные технологии и методы проведения теоретических и экспериментальных исследований в научно-			Владеть: - навыками использования измерительных приборов с соблюдением мер безопасности	Темы докладов; Вопросы для групповых обсуждений	Вопросы для устного собеседования

	исследовательских работах в области систем связи, обеспечивает безопасность при выполнении работ					
--	--	--	--	--	--	--

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зач.ед. 144 часа, распределение часов по видам работ семестрам представлено в таблице 3.

Таблица 3 – Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Вид учебной работы	Трудоёмкость в час	
	Всего час.	В т.ч. по семестрам
		3 сем
Формат изучения дисциплины	с использованием элементов электронного обучения	
Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану	72	72
1. Контактная работа:	38	38
1.1.Аудиторная работа, в том числе:	34	34
занятия лекционного типа (Л)	17	17
занятия семинарского типа (ПЗ-семинары, практ. Занятия и др)	17	17
лабораторные работы (ЛР)		
1.2.Внеаудиторная, в том числе	4	4
курсовая работа (проект) (КР/КП) (консультация, защита)	.	
текущий контроль, консультации по дисциплине	4	4
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)		
2. Самостоятельная работа (СРС)	34	34
реферат/эссе (подготовка)		
расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)		
контрольная работа		
курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)		
самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиум и т.д.)	34	34
Подготовка к зачёту (контроль)		

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Таблица 4 – Содержание дисциплины, структурированное по темам

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)	
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
3 семестр									
ПКС-1: ИПКС-1.1, ИПКС-1.2	Раздел 1. Введение. Основные тенденции развития терагерцовой фотоники и оптоэлектроники.					Диагностический безоценочный контроль, лучше взаимоконтроль		Конспект лекций	
	Тема 1.1. Основные тенденции развития терагерцовой фотоники и оптоэлектроники. Особенности терагерцового диапазона частот, тепловое излучение. Космическое излучение	1,00							подготовка к лекциям [6.4.1], [6.4.12]
	Тема 1. 2. Основные представления квантовой физики. Вращательные и колебательно-вращательные переходы в молекулах.	1,00							подготовка к лекциям [6.1.4]
	Практическое занятие №1			4,00					подготовка к ПЗ [6.4.1], [6.1.4], выполнение ДЗ
	Самостоятельная работа по освоению 1 раздела:				8,00				
	реферат, эссе (тема)								
	расчётно-графическая работа (РГР)								

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час			
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час				
	контрольная работа							
	Итого по 1 разделу	2,00		4,00	8,00			
ПКС-1,4: ИПКС-1.1, ИПКС-1.2 ИПКС-4.1	Раздел 2 Приборы ТГц частотного диапазона						Диагностический безоценочный контроль, лучше взаимоконтроль	Конспект лекций
	Тема 2. Источники излучения терагерцового частотного диапазона: источники с умножением частоты (микроволновый подход), оптический подход - источники с оптической накачкой, квантово-каскадные лазеры (непрерывные и импульсные) Мощные источники терагерцового излучения (гиротроны). Сверхсильные терагерцовые поля.	2,00				подготовка к лекциям [6.1.5], [6.4.5], [6.4.6]		
	Тема 2.2 Приемные системы терагерцового излучения.	2,00				подготовка к лекциям [6.4.7],		
	Практическое занятие №2			4,00		подготовка к ПЗ [6.4.7], [6.1.3], выполнение ДЗ		
	Тема 2.3. Метаматериалы и функциональные материалы ТГц диапазона частот.	1				подготовка к лекциям [6.1.13]		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час			
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час				
	Самостоятельная работа по освоению 2 раздела:				10,00			
	реферат, эссе (тема)							
	расчётно-графическая работа (РГР)							
	контрольная работа							
	Итого по 2 разделу	5,00		4,00	10,00			
ПКС-1,4: ИПКС-1.1, ИПКС-1.2 ИПКС-4.1	Раздел 3 Методы и подходы ТГц частотного диапазона						Диагностический безоценочный контроль, лучше взаимоконтроль	Конспект лекций
	Тема 3.1 Терагерцовая спектроскопия с приемом сигнала во временной области (Time-domain spectroscopy)	2,00				подготовка к лекциям [6.4.1], [6.4.2], [6.4.3], [6.4.4]		
	Практическое занятие №4.			3,00		подготовка к ПЗ [6.4.2] выполнение ДЗ		
	Тема 3.2 Терагерцовая спектроскопия высокого разрешения. Спектроскопия газов, паров. Схемы абсорбционных спектрометров высокого разрешения.	2,00				подготовка к лекциям [6.1.6], [6.4.10], [6.4.11]		
	Практическое занятие №5			3,00		подготовка к ПЗ [6.1.6]		
	Тема 3.3 Терагерцовый имиджинг: создание, обработка и применение терагерцовых изображений	2,00				подготовка к лекциям [6.4.4]		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час			
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час				
	Тема 3.4. Терагерцовая связь и передача информации	2,00				подготовка к лекциям [6.1.3],		
	Практическое занятие №6			3,00		подготовка к ПЗ [6.1.3]		
	Самостоятельная работа по освоению 3 раздела:				8,00			
	реферат, эссе (тема)							
	расчётно-графическая работа (РГР)							
	контрольная работа							
	Итого по 3 разделу	8,00		9,00	8,00			
ПКС-1: ИПКС-1.1, ИПКС-1.2	Раздел 4 Терагерцовый диапазон в различных приложениях.						Диагностический безоценочный контроль, лучше взаимоконтроль	Конспект лекций
	Тема 4.1 Биомедицинские приложения терагерцового излучения.	1,00				подготовка к лекциям [6.4.1], [6.4.2], [6.4.3], [6.4.4]		
	Тема 4.2 Дистанционное зондирование атмосферы с помощью терагерцового излучения. Лидары.	1,00				подготовка к лекциям [6.4.14]		
	Самостоятельная работа по освоению 4 раздела:				8,00			
	реферат, эссе (тема)							
	расчётно-графическая работа (РГР)							
	контрольная работа							
	Итого по 4 разделу	2,00			8,00			
	ИТОГО ЗА СЕМЕСТР	17		17	34			

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час			
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час				
	ИТОГО по дисциплине	17		17	34			

5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.

Текущий контроль осуществляется по всем видам учебного процесса: тестирование по темам лекционных занятий, решение практических задач.

Для осуществления текущего контроля знаний обучающихся сформулированы примеры заданий для практических работ.

Также сформирован перечень вопросов, выносимых на промежуточную аттестацию в форме зачета с оценкой в 3 семестре.

Указанный комплект оценочных средств является неотъемлемой частью фонда оценочных средств и хранится на кафедре «Физика и техника оптической связи».

Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания при текущем контроле (контрольные недели) и оценка выполнения лабораторных работ приведено в таблице 5.

Таблица 5 – Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания при текущем контроле

Шкала оценивания	Зачет
60-100	Зачтено
0-59	Не зачтено

Таблица 6 – Критерии оценивания результата обучения по дисциплине и шкала оценивания

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения	
		Оценка «не зачтено» 0-59% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «зачтено» 60-100% от max рейтинговой оценки контроля
ПКС-1 Способен анализировать состояние научно-технической проблемы путем подбора, изучения и анализа литературных и патентных источников.	ИПКС-1.1. Осуществляет патентный поиск и сбор научно-исследовательской информации. ИПКС-1.2. Осуществляет анализ и систематизацию научно-исследовательской информации. ИПКС-1.3 Составляет обзоры по результатам поиска, изучения и анализа литературных источников (в том числе иноязычных).	Не знает современные библиографические системы и базы данных научно-технической информации . Не умеет составлять обзоры научно-технической информации по теме исследований Не может анализировать и систематизировать научно-исследовательскую информацию.	Знает современные библиографические системы и базы данных научно-технической информации . Умеет составлять обзоры научно-технической информации по теме исследований Анализирует и систематизирует научно-исследовательскую информацию.
ПКС-4 Способен применять в работе знание функциональных схем работы оборудования, владеть методами и способами поиска и устранения неисправностей на обслуживаемом оборудовании, линиях передачи, трактах и каналах, обеспечивать	ИПКС-4.1. Применяет в работе знание функциональных схем современных устройств в области обработки и хранения информации; принципы действия устройств ТГц диапазона, используемых для передачи и приема сигналов ; устройств ТГц диапазона в инфокоммуникационных системах и сетях различных типов передачи распределения, обработки и хранения информации	Не знает функциональных схем современных устройств в области обработки и хранения информации; принципы действия устройств ТГц диапазона, используемых для передачи и приема сигналов ; устройств ТГц диапазона в инфокоммуникационных системах и сетях различных типов передачи распределения, обработки и хранения информации; устройств спектроскопии ТГц частотного диапазона и измерительных приборов, используемых при проведении экспериментальных исследований Не умеет пользоваться измерительными приборами с соблюдением мер безопасности	Знает функциональные схемы современных устройств в области обработки и хранения информации; принципы действия устройств ТГц диапазона, используемых для передачи и приема сигналов ; устройств ТГц диапазона в инфокоммуникационных системах и сетях различных типов передачи распределения, обработки и хранения информации; устройств спектроскопии ТГц частотного диапазона и измерительных приборов, используемых при проведении экспериментальных исследований Умеет пользоваться измерительными приборами с соблюдением мер безопасности

безопасность при выполнении работ	хранения информации; устройств спектроскопии ТГц частотного диапазона и измерительных приборов, используемых при проведении экспериментальных исследований ИПКС-4.2 Анализирует и выбирает варианты функциональных схем работы оборудования (пассивных и активных устройств терагерцового диапазона). ИПКС-4.3 Использует современные инфокоммуникационные технологии и методы проведения теоретических и экспериментальных исследований в научно-исследовательских работах в области систем связи, обеспечивает безопасность при выполнении работ		
--	---	--	--

Таблица 7 – Критерии оценивания

Оценка	Критерии оценивания
Максимальный уровень «зачтено»	оценку « зачтено » заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, выполнивший учебные задания, в основном сформировал практические навыки профессионального применения.
Минимальный уровень «не зачтено»	Оценку « не зачтено » заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1 Учебная литература, печатные издания библиотечного фонда

Библиотечный фонд укомплектован печатными изданиями из расчета не менее 0,25 экземпляра каждого из изданий, указанных ниже на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих соответствующую дисциплину (модуль).

- 6.1.1 Борн М. Вольф Э. Основы оптики. М.: Наука, 1973.
- 6.1.2 Лебедев А. И. Физика полупроводниковых приборов. М., Физматлит, 2008
- 6.1.3 Андреев В. С. Теория нелинейных электрических цепей: Учебное пособие для вузов. — М.: Радио и связь, 1982. — 280 с. https://scask.ru/n_book_tnes.php?id=82
- 6.1.4 Светцов, В.И. Оптическая и квантовая электроника: учеб.пособие / В. И. Светцов; Иван. гос. хим.-техн. ун-т; - 2-е изд., исправл. и доп. - Иваново, 2010. 196 с. ISBN 978-5-9616-0386-6
- 6.1.5 Качмарек Ф. Введение в физику лазеров. Пер. с польск./ Перевод В. Д. Новикова. Под ред. и с предисл. М. Ф. Бухенского.— М.: Мир, 1980. — 540 с. https://scask.ru/p_book_inl.php
- 6.1.6 Ч.Таунс, А. Шавлов Радиоспектроскопия.М. Изд-во иностранной литературы, 1959, 756 с.

6.2. Справочно-библиографическая литература

- 6.2.1 Физический энциклопедический словарь / под редакцией академика А. М. Прохорова // «Советская энциклопедия», 1983. 944 с.

6.3. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

- 6.3.1 Методические рекомендации по организации аудиторной работы по дисциплине «Терагерцовая фотоника»;
- 6.3.2 Методические рекомендации по организации и планированию самостоятельной работы по дисциплине «Терагерцовая фотоника».
- 6.3.3 Методические рекомендации по организации и планированию практических занятий по дисциплине «Терагерцовая фотоника».

6.4. Дополнительная литература

- 6.4.1 А.С.Ахманов, А.А.Ангелуц, А.В.Балакин, М.М.Назаров, И.А.Ожередов, Д.А.Сапожников, В.И.Соколов, Е.В.Хайдуков, А.П.Шкуринов, В.Я.Панченко. Терагерцовая оптоэлектроника и ее применения/Коллективная монография «Современные лазерные информационные технологии» //М.Интерконтакт Наука, 2014, с.758-785
- 6.4.2 А. А. Ангелуц, А. В. Балакин, М. Г. Евдокимов, М. Н. Есаулков, М. М. Назаров, И. А. Ожередов, Д. А. Сапожников, П. М. Солянкин, О. П. Черкасова, А. П. Шкуринов/ Характерные отклики биологических и наноразмерных систем в терагерцевом диапазоне частот //Квантовая электроника, 2014, том 44, № 7, 614—632
- 6.4.3 К. И. Зайцев, И. Н. Долганова, Н. В. Черномырдин, Г. А. Командин, Д. В. Лаврухин, И. В. Решетов, В. Н. Курлов, Д. С. Пономарев, В. В. Тучин, И. Е.

- Спектор, В. Е. Карасик
Применение терагерцевых технологий в биофотонике. Часть 1: методы терагерцевой спектроскопии и визуализации тканей// Фотоника. Т13 Выпуск #7 с.680-687, 2019 <https://www.photonics.su/journal/article/7936>
- 6.4.4 К. И. Зайцев, И. Н. Долганова, Н. В. Черномырдин, Г. А. Командин, Д. В. Лаврухин, И. В. Решетов, В. Н. Курлов, Д. С. Пономарев, В. В. Тучин, И. Е. Спектор, В. Е. Карасик Применение терагерцевых технологий в биофотонике. Часть 2: Спектроскопия и визуализация злокачественных новообразований// Фотоника. Т13 Выпуск #8 с.736-743, 2019 <https://www.photonics.su/journal/article/8014>
- 6.4.5 В.Д.Еремка. Вакуумные источники электромагнитного излучения терагерцового интервала частот: зигзаги развития от клинотрона до клиноорбитрона//Изв. вузов «ПНД», т. 21, № 1, 2013
- 6.4.6 В. Е. Запевалов ЭВОЛЮЦИЯ ГИРОТРОНОВ// Изв.Вузов. Радиофизика, Том LIV, № 8–9, с.559-572, 2011
- 6.4.7 И. С. Гибин, П. Е. Котляр. Приемники излучения терагерцового диапазона (обзор)//Успехи прикладной физики, 2018, том 6, № 2, с.117-129
- 6.4.8 В.Л.Вакс, Е.Г.Домрачева, А.А. Ластовкин, С.И. Приползин, Е.А.Собакинская, М.Б.Черняева, В.А.Анфертьев. Приемники излучения терагерцового частотного диапазона// Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского, 2013, № 6 (1), с. 81–87.
- 6.4.9 В.Л. Вакс, Е.Г. Домрачева, С.И.Приползин, Е.А. Собакинская, М.Б. Черняева “Прецизионные спектрометры на основе квантово-каскадных лазеров. Проблемы и возможные пути их решения”// Вестник Нижегородского университета им. Н.И.Лобачевского, 2011. №6 (1), с. 93-98.
- 6.4.10 В.Л.Вакс, Е.Г.Домрачева, Е.А.Собакинская, М.Б.Черняева. Анализ выдыхаемого воздуха: физические методы, приборы и медицинская диагностика // Успехи физических наук, 184 (7), 739–758 (2014).
- 6.4.11 В.Л. Вакс, В.А. Анфертьев, В.Ю. Балакирев, С.А. Басов, Е.Г. Домрачева, А.В. Иллюк, П.В. Куприянов, С.И. Приползин, М.Б. Черняева «Спектроскопия высокого разрешения терагерцового частотного диапазона для аналитических приложений»//Успехи физических наук, 190 765–776 (2020) DOI: 10.3367/UFN.2019.07.038613
- 6.4.12 Царев М.В. ГЕНЕРАЦИЯ И РЕГИСТРАЦИЯ ТЕРАГЕРЦОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ УЛЬТРАКОРОТКИМИ ЛАЗЕРНЫМИ ИМПУЛЬСАМИ: Учебное пособие. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2011. – 75 с.
- 6.4.13 В.Ю. Соболева, С.И. Гусев, М.К. Ходзицкий. Биосенсор на основе метапленки для определения концентрации глюкозы в крови человека//Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики, 2018, том 18, № 3 с.377-383, doi: 10.17586/2226-1494-2018-18-3-377-383
- 6.4.14 Лидарный спектроскопический газоанализ атмосферы / С.М.Бобровников, Г.Г.Матвиенко, О.А.Романовский и др. - Томск: Изд-во Ин-та оптики атмосферы, 2014. - 508 с.

7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебный процесс по дисциплине обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства (состав по дисциплине определен в настоящей РПД и подлежит обновлению при необходимости).

7.1. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Перечень программных продуктов, используемых при проведении различных видов занятий по дисциплине (открытый доступ)

1. Научная электронная библиотека E-LIBRARY.ru. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp>
2. КонсультантПлюс [Электронный ресурс]: Справочная правовая система. - Режим доступа: <http://www.consultant.ru/>.
3. [Электронная библиотечная система Поволжского государственного университета сервиса](http://elib.tolgas.ru/) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elib.tolgas.ru/> - Загл. с экрана.
4. Электронно-библиотечная система Znanium.com [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://znanium.com/>. – Загл. с экрана.
5. Открытое образование [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://openedu.ru/>. - Загл с экрана.
6. Polpred.com. Обзор СМИ. Полнотекстовая, многоотраслевая база данных (БД) [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://polpred.com/>. – Загл. с экрана.
7. Базы данных Всероссийского института научной и технической информации (ВИНИТИ РАН) по естественным, точным и техническим наукам [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.viniti.ru>. – Загл. с экрана.
8. Университетская информационная система Россия [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://uisrussia.msu.ru/>. – Загл. с экрана.

7.2. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Таблица 7 – Перечень электронных библиотечных систем

№	Наименование ЭБС	Ссылка, по которой осуществляется доступ к ЭБС
1	2	3
1	Консультант студента	http://www.studentlibrary.ru/
2	Лань	https://e.lanbook.com/
3	Юрайт	https://biblio-online.ru/

В таблице 8 указан перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства.

Таблица 8 – Перечень программного обеспечения

Программное обеспечение, используемое в университете на договорной основе	Программное обеспечение свободного распространения
1	2
Microsoft Windows XP, Prof, S/P3 (подписка DreamSpark Premium, договор №Tr113003 от 25.09.14)	Open Office 4.1.1 (лицензия Apache License 2.0)

Microsoft Windows 7 (подписка MSDN 4689, подписка DreamSparkPremium, договор № Tr113003 от 25.09.14)	Adobe Acrobat Reader (FreeWare)
Visual Studio 2008 (подписка DreamSpark Premium, договор №Tr113003 от 25.09.14)	
Microsoft Office Professional Plus 2007 (лицензия № 42470655)	
Microsoft Office (лицензия № 43178972)	
Windows XP лиц. № 65609340	
Office 2007 лиц. № 43178971	
Microsoft Windows XP Professional (лицензия № 43178980)	
MicrosoftOffice 2007 (лицензия № 44804588)	
1С предприятие 8.1 (лицензионное соглашение №800908353 с ЗАО «1С»)	
Adobe Design Premium CS 5.5.5 (лицензия № 65112135)	
Dr.Web (договор № 31704840788 от 20.03.17)	
КонсультантПлюс (Договор № 28-13/16-313 от 27.12.16)	
Техэксперт (Договор №100/860 от 22.12.2016)	

В таблице 9 указан перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем, к которым обеспечен доступ (удаленный доступ). Данный перечень подлежит обновлению в соответствии с требованиями ФГОС ВО.

Таблица 9 – Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

№	Наименование профессиональной базы данных, информационно-справочной системы	Доступ к ресурсу (удаленный доступ с указанием ссылки/доступ из локальной сети университета)
1	2	3
1	База данных стандартов и регламентов РОССТАНДАРТ	https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts
2	Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем	https://cyberpedia.su/21x47c0.html

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

В таблице 10 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к ограничениям их здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования. При заполнении таблицы может быть использована информация, размещенная в подразделе «Доступная среда» специализированного раздела сайта НГТУ «Сведения об образовательной организации» <https://www.nntu.ru/sveden/accenv/>

Таблица 10 – Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ

№	Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ	Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования
1	2	3
1	ЭБС «Консультант студента»	озвучка книг и увеличение шрифта
2	ЭБС «Лань»	специальное мобильное приложение - синтезатор речи, который воспроизводит тексты книг и меню навигации
3	ЭБС «Юрайт»	версия для слабовидящих

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Перечень материально-технического обеспечения, необходимого для реализации программы магистратуры, включает в себя аудитории (ауд. 2210, ауд. 6119, ауд. 6162, ауд. 2303, 2202), оснащенные необходимым оборудованием, техническими и электронными средствами для проведения лекционных, практических занятий и самостоятельной работы студентов, для обеспечения доступа в электронную информационно-образовательную среду университета, и аудиторию 157 ИФМ РАН, оснащенную необходимым оборудованием, техническими и электронными средствами для проведения лекционных и практических занятий и обеспечения выхода в интернет.

1. Лекционные занятия, практические занятия, самостоятельная работа студентов (ауд. 2210, ауд. 6119, ауд. 6162, ауд. 2303, 2202):

Для контактной и самостоятельной работы обучающихся выделены помещения, оснащённые компьютерной техникой с подключением к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации:

- зал электронно-информационных ресурсов (ауд. 2210 – 11 компьютеров, ауд. 6119 – 9 компьютеров);
- читальный зал открытого доступа (ауд. 6162 – 2 компьютера);
- ауд. 2303, 2202, оборудованные Wi-Fi.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

10.1. Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

Контактная работа: аудиторная, внеаудиторная.

При преподавании дисциплины «Устройства генерирования и формирования сигналов» используются современные образовательные технологии, позволяющие

повысить активность студентов при освоении материала курса и предоставить им возможность эффективно реализовать часы самостоятельной работы.

Для студентов создан краткий опорный электронный вариант лекционного материала курса. Электронный конспект находится на кафедре «ФТОС» и может быть получен студентом в случае пропусков занятий по уважительным причинам или вынужденного перевода занятий в дистанционную форму.

На лекциях, практических и лабораторных занятиях реализуются интерактивные технологии, приветствуются вопросы и обсуждения, используется личностно-ориентированный подход, технология работы в малых группах, что позволяет студентам проявить себя, получить навыки самостоятельного изучения материала, выровнять уровень знаний в группе.

Все вопросы, возникшие при самостоятельной работе над домашним заданием, подробно разбираются на лабораторных занятиях, практических занятиях и лекциях. Проводятся индивидуальные и групповые консультации с использованием, как встреч студентами, так и современных информационных технологий: чат, электронная почта, Skype, Zoom.

Иницируется активность студентов, поощряется задание любых вопросов по материалу, практикуется индивидуальный ответ на вопросы студента, рекомендуются методы успешного самостоятельного усвоения материала в зависимости от уровня его базовой подготовки.

Для оценки знаний, умений, навыков и уровня сформированности компетенций применяется балльно-рейтинговая система контроля и оценки успеваемости студентов.

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета с оценкой с учетом текущей успеваемости.

Результат обучения считается сформированным на повышенном уровне, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях студент исчерпывающе, последовательно, четко и логически излагает учебный материал; свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, использует в ответе дополнительный материал. Все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты, проявляет самостоятельность при выполнении заданий.

Результат обучения считается сформированным на пороговом уровне, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях студент последовательно, четко и логически стройно излагает учебный материал; справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, требующих применения знаний; все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий.

Результат обучения считается несформированным, если студент при выполнении заданий не демонстрирует знаний учебного материала, допускает ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет задания, не демонстрирует необходимых умений, качество выполненных заданий не соответствует установленным требованиям, качество их выполнения оценено числом баллов ниже трех по оценочной системе, что соответствует допороговому уровню.

10.2. Методические указания для занятий лекционного типа

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов тематического плана. В ходе лекционных занятий раскрываются базовые вопросы в рамках каждой темы дисциплины (Таблица 4). Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются акценты на наиболее сложные и важные положения изучаемого материала. Материалы лекций являются опорной основой для подготовки обучающихся к

практическим занятиям / лабораторным работам и выполнения заданий самостоятельной работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

В ходе лекционных занятий рекомендуется вести конспектирование учебного материала.

10.3. Методические указания по освоению дисциплины на практических занятиях

Практические занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы. Основной формой проведения практических занятий является обсуждение наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также решение задач и разбор примеров и ситуаций в аудиторных условиях.

Практические занятия обучающихся обеспечивают:

- проверку и уточнение знаний, полученных на лекциях;
- получение умений и навыков решения задач;
- подведение итогов занятий по рейтинговой системе, согласно технологической

карте дисциплины.

10.4. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающегося к аудиторным занятиям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающегося на занятиях и в качестве выполненных практических заданий и других форм текущего контроля.

При выполнении заданий для самостоятельной работы рекомендуется проработка материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение рекомендуемой литературы, представленной в Разделе 6.

В процессе самостоятельной работы при изучении дисциплины студенты могут работать на компьютере в специализированных аудиториях для самостоятельной работы (указано в таблице 11). В аудиториях имеется доступ через информационно-телекоммуникационную сеть «Интернет» к электронной информационно-образовательной среде университета (ЭИОС) и электронной библиотечной системе (ЭБС), где в электронном виде располагаются учебные и учебно-методические материалы, которые могут быть использованы для самостоятельной работы при изучении дисциплины.

Развернутые методические указания по всем видам работы студента находятся на кафедре «ФТОС».

11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

11.1 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе текущего контроля успеваемости

Для текущего контроля знаний студентов по дисциплине проводится комплексная оценка знаний, включающая

- проведение заданий на практических занятиях;
- теоретический опрос и защита отчетов по лабораторным работам;
- зачет с оценкой.

11.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для

оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе промежуточной аттестации по дисциплине в форме зачета

**Перечень вопросов и заданий для подготовки к зачету:
ПКС-1 (ИПКС-1.1, ИПКС-1.2, ИПКС-1.3):**

1. Основные тенденции развития терагерцовой фотоники и оптоэлектроники. Особенности терагерцового диапазона частот, тепловое излучение. Космическое излучение
2. Основные представления квантовой физики. Вращательные переходы в молекулах.
3. Основные представления квантовой физики. Колебательные и колебательно-вращательные переходы в молекулах.
4. Терагерцовая связь и передача информации.
5. Биомедицинские приложения терагерцового излучения.

ПКС-4 (ИПКС-4.1, ИПКС-4.2, ИПКС-4.3):

6. Источники излучения терагерцового частотного диапазона: источники с умножением частоты (микроволновый подход),
7. Источники излучения ТГц диапазона (оптический подход) - источники с оптической накачкой, квантово-каскадные лазеры (непрерывные и импульсные)
8. Мощные источники терагерцового излучения (гиротроны). Сверхсильные терагерцовые поля.
9. Приемные системы терагерцового излучения.
10. Метаматериалы и функциональные материалы ТГц диапазона частот.
11. Терагерцовая спектроскопия с приемом сигнала во временной области (Time-domain spectroscopy)
12. Терагерцовая спектроскопия высокого разрешения. Спектроскопия газов, паров.
13. Схемы абсорбционных ТГц спектрометров высокого разрешения .
14. Терагерцовый имиджинг: создание, обработка и применение терагерцовых изображений.
15. Дистанционное зондирование атмосферы с помощью терагерцового излучения. Лидары.

Полный фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации находится на кафедре «ФТОС».

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института ИРИТ

“___” _____ 20__ г.

Лист актуализации рабочей программы дисциплины

«Б1.В.ОД.9 Терагерцовая фотоника»

индекс по учебному плану, наименование

для подготовки магистров

Направление: 11.04.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

Направленность: Антенны и устройства СВЧ в инфокоммуникациях

Форма обучения: очная

Форма обучения: очная

Год начала подготовки: 2023

Курс 2

Семестр 3

а) В рабочую программу не вносятся изменения. Программа актуализирована для 20__ г. начала подготовки.

б) В рабочую программу вносятся следующие изменения (указать на какой год начала подготовки):

1)

2)

3)

Разработчик (и): _____
(ФИО, ученая степень, ученое звание) «__» _____ 2023 г.

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры _____
_____ протокол № _____ от «__» _____ 2023 г.

Заведующий кафедрой _____

Лист актуализации принят на хранение:

Заведующий выпускающей кафедрой ИРС _____ «__» _____ 2023 г.

Методический отдел УМУ: _____ «__» _____ 2023 г.