

**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:

И.о. директора института:

\_\_\_\_\_ Легчанов М.А.

“22” июня 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
Б1.В.ОД.7 Техника и приборы терагерцового диапазона частот**

для подготовки магистров

Направление подготовки: 11.04.02. Инфокоммуникационные технологии и системы связи

Направленность ОП: Антенны и устройства СВЧ в инфокоммуникациях

Форма обучения: очная

Год начала подготовки: 2022

Выпускающая кафедра: ФТОС

Кафедра-разработчик: ФТОС

Объем дисциплины 72/2  
часов/з.е

Промежуточная аттестация: зачет

Разработчик (и): Капустин С.А., старший преподаватель

Нижний Новгород  
2022

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 учебного плана принятого УМС НГТУ, протокол от 17 декабря 2020 г. № 5.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры протокол от 09 июня 2022 г. № 32.

Зав. кафедрой д.ф.-м.н., профессор, Раевский А.С. \_\_\_\_\_  
подпись

Программа рекомендована к утверждению советом ИЯЭиТФ, протокол от 22 июня 2022 г. №3.

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ, регистрационный № 11.04.02-А-16.  
Начальник МО \_\_\_\_\_

Заведующая отделом комплектования НТБ \_\_\_\_\_ Кабанина Н.И.  
(подпись)

## Оглавление

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ).....	4
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....	4
3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ).....	4
4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	8
5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....	12
6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	15
7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	18
8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ ....	19
9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....	19
10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ .....	19
11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....	21

## **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**1.1. Целью освоения дисциплины является** формирование у студентов понимания уникальной специфики нового для специалистов инфокоммуникационной направленности терагерцового диапазона частот, общности и различий подходов к развитию аппаратуры и методов терагерцового диапазона в сравнении с освоенными ранее оптическим и радиочастотным диапазонами.

### **1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля):**

- изучение последних тенденций развития современного радио от Максвелла до наших дней.
- понимание проблем и перспектив развития инфокоммуникаций в терагерцовом диапазоне волн,
- обзор современные телекоммуникации и перспектив их развития в ближайшем десятилетии;
- ознакомление студентов с нанотехнологиями современного и завтрашнего радио;
- освоение технологий криовакуумного обеспечения высокочувствительных приемных системы ТГц волн;
- формирование компетенций в сфере современных космические коммуникаций для дальнего космоса и перспектив суб-ТГц волн;
- овладение особенностями метрологии устройств ТГц диапазона волн при криогенных и комнатных температурах и овладение навыками работы с измерительной аппаратурой ТГц диапазона и экспериментального исследования разработанных устройств;
- понимание специфики вопросов обеспечения безопасности и сохранения здоровья персонала при работе с ЭМИ терагерцовых волн
- овладение методами ТГц диапазона, для последующего использования при решении широкого круга научных и практических задач;
- изучение теоретических основ построения техники и технологий ТГц диапазона частот.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Учебная дисциплина «Техника и приборы терагерцового диапазона частот» включена в перечень дисциплин вариативной части (формируемой участниками образовательных отношений), определяющий направленность ОП. Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП.

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: «Физика», «Основы физических явлений», «Электромагнитные поля и волны», «Антенны», «Техника СВЧ» в объеме бакалавриата, «Микроэлектронные устройства СВЧ».

Дисциплина «Техника и приборы терагерцового диапазона частот» является основополагающей для прохождения следующих видов практик: Научно-исследовательская работа (Б2.П.2), Преддипломная практика.

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

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

**3.1.** Процесс изучения дисциплины (модуля) направлен на формирование элементов следующей профессиональной компетенции в соответствии с ОПОП ВО по направлению

подготовки 11.04.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи:

ПКС-6. Способен к выбору и сравнительному анализу вариантов проектирования пассивных и активных устройств СВЧ, оптического и квазиоптического диапазонов длин волн.

Формирование указанных компетенций размещено в таблице 1.

Таблица 1- Формирование компетенций дисциплинами

Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры, формирования компетенций дисциплинами.							
	1	2	3	4	5	6	7	8
<i>ПКС-6</i>								
<i>Микроэлектронные устройства СВЧ</i>								
<i>Прикладная СВЧ оптоэлектроника</i>								
<i>Техника и приборы терагерцового диапазона частот</i>								
<i>Современные антенные устройства</i>								
<i>Математические методы прикладной электродинамики</i>								

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

### 3.2. 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 средства	
					Текущего контроля	Промежуточной аттестации
ПКС-6. Способен к выбору и сравнительному анализу вариантов проектирования пассивных и активных устройств СВЧ, оптического и квазиоптического диапазонов длин волн	ИПКС-6.1. Осваивает современные и перспективные направления систем связи СВЧ, квазиоптического и оптического диапазонов длин волн.	<b>Знать:</b> - актуальные проблемы и достижения современной техники терагерцового диапазона частот; основные характеристики современных источников и приемников ТГц излучения; - методы обработки радиосигналов терагерцового диапазона.		<b>Владеть:</b> - терминологией в предметной области радиофизики и техники ТГц диапазона частот.	Вопросы для письменного опроса.	Вопросы для устного собеседования: билеты (20 билетов)
	ИПКС-6.2. Анализирует варианты проектирования пассивных и активных устройств СВЧ, оптического и квазиоптического диапазонов длин волн.		<b>Уметь:</b> - применять основные типы источников излучения в ТГц-диапазоне частот и выбирать адекватные поставленной задаче типы приемников ТГц диапазона; - выбирать оптимальные		Вопросы для письменного опроса.	

			температурные и электрические режимы работы приёмников ТГц-диапазона частот при решении коммуникационных и радиоастрономических задач.			
	<p>ПКС-6.3. Использует современные инфокоммуникационные технологии и методы проведения теоретических и экспериментальных исследований в научно-исследовательских работах в области систем связи СВЧ, оптического и квазиоптического диапазона длин волн.</p>		<p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- проводить расчеты основных шумовых и передаточных характеристик приёмников ТГц волн при решении задач приема коммуникационных и астрономических сигналов;</li> <li>- выполнять измерения и тестирование характеристик основных элементов и устройств ТГц диапазона частот на основе стандартных и специализированных методик и средств измерения и контроля.</li> </ul>	<p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методами исследования характеристик криоэлектронных и сверхпроводниковых приемных устройств ТГц-диапазона частот коммуникационного и радиоастрономического назначения);</li> <li>- навыками проведения расчетов шумовых характеристик радиоприёмников и обработки радиосигналов.</li> </ul>	Вопросы для письменного опроса.	

## 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 2 зач.ед. (72 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.	
<b>Формат изучения дисциплины</b>		очная	
<b>Общая трудоёмкость</b> дисциплины по учебному плану	<b>72</b>	<b>72</b>	
<b>1. Контактная работа:</b>	<b>38</b>	<b>38</b>	
<b>1.1.Аудиторная работа, в том числе:</b>	<b>34</b>	<b>34</b>	
занятия лекционного типа (Л)	17	17	
занятия семинарского типа (ПЗ-семинары, практ. занятия и др)	17	17	
лабораторные работы (ЛР)			
<b>1.2.Внеаудиторная, в том числе</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	
курсовая работа (проект) (КР/КП) (консультация, защита)			
текущий контроль, консультации по дисциплине	4	4	
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)			
<b>2. Самостоятельная работа (СРС)</b>	<b>34</b>	<b>34</b>	
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			

#### 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-6: ИПКС-6.1 ИПКС-6.2 ИПКС-6.3	Тема 1 Радио от Максвелла до наших дней	2		2	4	подготовка к лекциям [6.1, 6.2]	Диагностический безоценочный контроль и взаимоконтроль; Разноуровневые качественные, расчетные, графические задания; блиц-опрос. При изучении нового материала – слайд показ лекции. Совместно с лабораторным, численным и натурным экспериментом создают единую активную познавательную среду, в которой серией специально подобранных тематических вопросов и заданий возбуждает и направляет мысль обучающихся к новым теоретическим и	
	Тема 1.1 Введение	1						
	Тема 1.2 Терагерцовый диапазон: перспективы и проблемы ТГц диапазона	1		2	4			
	Тема 2 Современные устройства терагерцового диапазона	4		4	4	подготовка к лекциям [6.1, 6.2]		
	Тема 2.1 Источники ТГц диапазона	2		2	2			
	Тема 2.2 Приемники ТГц диапазона	1		1	1			
	Тема 2.3 Современные технологии создания устройств ТГц диапазона	1		1	1			
	Тема 3 Коммуникации терагерцового диапазона	4		4	4	подготовка к лекциям [6.1, 6.2]		
	Тема 3.1 Проблемы распространения ТГц волн в атмосфере	1		1	1			

	<b>Тема 3.2</b> Современные телекоммуникации	1		1	1		практическим выводам.	
	<b>Тема 3.3</b> Космические коммуникации для дальнего космоса и перспективы субТГц волн	1		1	1			
	<b>Тема 3.4</b> Основы безопасности в телекоммуникациях ТГц диапазона	1		1	1			
	<b>Тема 4</b> Системы криостатирования	2		2	4	подготовка к лекциям [6.1, 6.2]		
	<b>Тема 4.1</b> Общие сведения о системах криостатирования и принципы работы	1		1	2			
	<b>Тема 4.2</b> Обзор современных систем криостатирования и оригинальных разработок на базе ИПФ РАН	1		1	2			
	<b>Тема 5</b> Особенности метрологии терагерцового диапазона длин волн	2		2	4	подготовка к лекциям [6.1, 6.2]		
	<b>Тема 5.1</b> Измерение шумов приемных систем	1		1	2			
	<b>Тема 5.2</b> Калибровка и нормировка принимаемого сигнала	1		1	2			
	<b>Тема 6</b> Фундаментальные исследования в терагерцовом диапазоне	2		2	4	подготовка к лекциям [6.1, 6.2]		
	<b>Тема 6.1</b> Современные задачи астрономии	1		1	2			
	<b>Тема 6.2</b> Современная спектроскопия	1		1	2			
	Итоговая лекция. Контрольная работа по освоению дисциплины	<b>1</b>		<b>1</b>	<b>10</b>	Подготовка к зачету, поиск ответов на вопросы билетов в материалах лекций и ПЗ, литературе	Изучение перечня вопросов к зачету, поиск ответов в материалах лекций и практических занятий, рекомендованной литературе. Очные и онлайн	

						[6.1, 6.2]	консультации с преподавателем, переписка с преподавателем в индивидуальном (емейл) и групповом формате (емейл и Телеграм)	
	<b>ИТОГО ЗА СЕМЕСТР</b>	<b>17</b>	<b>0</b>	<b>17</b>	<b>34</b>			
	<b>ИТОГО по дисциплине</b>	<b>17</b>	<b>0</b>	<b>17</b>	<b>34</b>			

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

Для осуществления текущего контроля знаний обучающихся сформулированы теоретические вопросы по темам практических и лекционных занятий.

Также сформирован перечень вопросов, выносимых на промежуточную аттестацию в форме зачета 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 и описание шкал оценивания при текущем контроле (контрольные недели) приведено в таблице 5.

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

Шкала оценивания	Контрольная неделя	Зачет
$40 < R \leq 50$	Отлично	зачет
$30 < R \leq 40$	Хорошо	
$20 < R \leq 30$	Удовлетворительно	
$0 < R \leq 20$	Неудовлетворительно	незачет

При промежуточном контроле успеваемость студентов оценивается в виде оценки «зачет»/«незачет».

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 «неудовлетворительно» / «не зачтено» 0-59% от макс рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «зачтено» 60-74% от макс рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» / «зачтено» 75-89% от макс рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «зачтено» 90-100% от макс рейтинговой оценки контроля
ПКС-6. Способен к выбору и сравнительному анализу вариантов проектирования пассивных и активных устройств СВЧ, оптического и квазиоптического диапазонов длин волн	ИПКС-6.1. Осваивает современные и перспективные направления систем связи СВЧ, квазиоптического и оптического диапазонов длин волн.	Не знает актуальные проблемы и достижения современной техники терагерцового диапазона частот; основные характеристики современных источников и приемников ТГц излучения; методы обработки радиосигналов терагерцового диапазона. Не владеет терминологией в предметной области радиофизики и техники ТГц диапазона частот.	Слабо знает актуальные проблемы и достижения современной техники терагерцового диапазона частот; основные характеристики современных источников и приемников ТГц излучения; методы обработки радиосигналов терагерцового диапазона. Слабо владеет терминологией в предметной области радиофизики и техники ТГц диапазона частот.	Знает актуальные проблемы и достижения современной техники терагерцового диапазона частот; основные характеристики современных источников и приемников ТГц излучения; методы обработки радиосигналов терагерцового диапазона, но в процессе ответа допускает неточности. Владеет терминологией в предметной области радиофизики и техники ТГц диапазона частот, иногда испытывает небольшие затруднения.	Знает актуальные проблемы и достижения современной техники терагерцового диапазона частот; основные характеристики современных источников и приемников ТГц излучения; методы обработки радиосигналов терагерцового диапазона. Свободно владеет терминологией в предметной области радиофизики и техники ТГц диапазона частот.
	ИПКС-6.2. Анализирует варианты проектирования пассивных и активных устройств СВЧ, оптического и квазиоптического диапазонов длин волн.	Не умеет применять основные типы источников излучения в ТГц-диапазоне частот и выбирать адекватные поставленной задаче типы приемников ТГц диапазона; выбирать оптимальные температурные и электрические режимы работы приёмников ТГц-диапазона частот при решении коммуникационных	В недостаточной степени умеет применять основные типы источников излучения в ТГц-диапазоне частот и выбирать адекватные поставленной задаче типы приемников ТГц диапазона; выбирать оптимальные температурные и электрические режимы работы приёмников ТГц-диапазона частот при	применять основные типы источников излучения в ТГц-диапазоне частот и выбирать адекватные поставленной задаче типы приемников ТГц диапазона; выбирать оптимальные температурные и электрические режимы работы приёмников ТГц-диапазона частот при решении коммуникационных и радиоастрономических	Умеет применять основные типы источников излучения в ТГц-диапазоне частот и выбирать адекватные поставленной задаче типы приемников ТГц диапазона; выбирать оптимальные температурные и электрические режимы работы приёмников ТГц-диапазона частот при решении

		и радиоастрономических задач.	решении коммуникационных и радиоастрономических задач.	задач, но иногда испытывает небольшие затруднения.	коммуникационных и радиоастрономических задач.
	ПКС-6.3. Использует современные инфокоммуникационные технологии и методы проведения теоретических и экспериментальных исследований в научно-исследовательских работах в области систем связи СВЧ, оптического и квазиоптического диапазона длин волн.	<p>Не умеет проводить расчеты основных шумовых и передаточных характеристик приёмников ТГц волн при решении задач приема коммуникационных и астрономических сигналов; выполнять измерения и тестирование характеристик основных элементов и устройств ТГц диапазона частот на основе стандартных и специализированных методик и средств измерения и контроля.</p> <p>Не владеет методами исследования характеристик криоэлектронных и сверхпроводниковых приемных устройств ТГц-диапазона частот коммуникационного и радиоастрономического назначения); навыками проведения расчетов шумовых характеристик радиоприёмников и обработки радиосигналов.</p>	<p>В недостаточной степени умеет проводить расчеты основных шумовых и передаточных характеристик приёмников ТГц волн при решении задач приема коммуникационных и астрономических сигналов; выполнять измерения и тестирование характеристик основных элементов и устройств ТГц диапазона частот на основе стандартных и специализированных методик и средств измерения и контроля.</p> <p>Слабо владеет методами исследования характеристик криоэлектронных и сверхпроводниковых приемных устройств ТГц-диапазона частот коммуникационного и радиоастрономического назначения); навыками проведения расчетов шумовых характеристик радиоприёмников и обработки радиосигналов.</p>	<p>Умеет проводить расчеты основных шумовых и передаточных характеристик приёмников ТГц волн при решении задач приема коммуникационных и астрономических сигналов; выполнять измерения и тестирование характеристик основных элементов и устройств ТГц диапазона частот на основе стандартных и специализированных методик и средств измерения и контроля, но иногда испытывает небольшие затруднения.</p> <p>Владеет методами исследования характеристик криоэлектронных и сверхпроводниковых приемных устройств ТГц-диапазона частот коммуникационного и радиоастрономического назначения); навыками проведения расчетов шумовых характеристик радиоприёмников и обработки радиосигналов, но испытывает небольшие затруднения.</p>	<p>Умеет проводить расчеты основных шумовых и передаточных характеристик приёмников ТГц волн при решении задач приема коммуникационных и астрономических сигналов; выполнять измерения и тестирование характеристик основных элементов и устройств ТГц диапазона частот на основе стандартных и специализированных методик и средств измерения и контроля.</p> <p>Владеет методами исследования характеристик криоэлектронных и сверхпроводниковых приемных устройств ТГц-диапазона частот коммуникационного и радиоастрономического назначения); навыками проведения расчетов шумовых характеристик радиоприёмников и обработки радиосигналов.</p>

Таблица 7 – Критерии оценивания

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично)	оценку <b>«отлично»</b> заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы.
Средний уровень «4» (хорошо)	оценку <b>«хорошо»</b> заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки.
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	оценку <b>«удовлетворительно»</b> заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы.
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	оценку <b>«неудовлетворительно»</b> 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. Данилин А.А. Измерения в технике СВЧ: Учеб.пособие / А.А. Данилин. – М.: Радиотехника, 2008.

6.1.2. Радиопередающие устройства. Часть 2: комплекс учебно-методических материалов / Ю.Г. Белов, В.А. Дюшков, Э.А. Ермилов; НГТУ. – Н. Новгород, 2011. – 88с.

6.1.3. Устройства генерирования и формирования сигналов. Часть 3: комплекс учебно-методических материалов / Ю.Г. Белов, Ю.К. Богатырев; НГТУ. – Н. Новгород, 2010. – 119 с.

6.1.4. Горелик Г.С. Колебания и волны. Введение в акустику, радиофизику и оптику/ Г.С. Горелик – М.: ФИЗМАТ-ЛИТ, 2007.

6.1.5. Б.З. Каценеленбаум / Высокочастотная электродинамика. Основы математического аппарата. М.: Наука, 1966 Г. 240 стр. Редактор И.Г. Вирко

6.1.6. Ю.Т. Зырянов, П.А. Федюнин, О.А. Белоусов, А.В. Рябов, Е.В. Головаченко/ Антенны: учебное пособие для бакалавров и магистрантов, обучающихся по направлениям 210200, 211000, 210700// Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2014. – 128 с. ISBN 978-5-8265-1267-8

6.1.7. Шмидт В.В. Введение в физику сверхпроводников. Издание второе, исправленное и дополненное. М.: МЦНМО, 2000. 402 с.

6.1.8. Нанoeлектроника теория и практика. Учебник для высшей школы, 2-е издание, переработанное и дополненное. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2013. – 366 с. В.Е. Борисенко, А.И. Воробьева, А.Л. Данилюк, Е.А. Уткина. ISBN 978-5-9963-1015-9

## 6.2. Справочно-библиографическая литература

- 6.2.1. Yun-Shik Lee/ Principles of Terahertz Science and Technology// ISBN 978-0-387-09539-4 e-ISBN 978-0-387-09540-0, 2009 г.
- 6.2.2. U. Pfeiffer. "Integrated Circuit Design for Terahertz Applications", IEEE Future Networks Tutorials (Invited Tutorials). 2019.
- 6.2.3. A. V. Shchepetilnikov, P. A. Gusikhin, V. M. Muravev, et. al. New Ultra-Fast Sub-Terahertz Linear Scanner for Postal Security Screening. Journal of Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves. 2020., Т. 41, pp. 655–664.
- 6.2.4. A. Ren, A. Zahid, D. Fan, et al. State-of-the-art in terahertz sensing for food and water security – A comprehensive review. Trends in Food Science & Technology. 2019., Т. 85, pp. 241-251.
- 6.2.5. Saroj Rout, Sameer Sonkusale / Active Metamaterials: Terahertz Modulators and Detectors// издательство: Springer, 2017 г., ISBN 978-3-319-52218-0 ISBN 978-3-319-52219-7 (eBook), DOI 10.1007/978-3-319-52219-7
- 6.2.6. Antoni Rogalski / Infrared and Terahertz Detectors// Third Edition. 2019 г
- 6.2.7. Микроэлектронные устройства СВЧ: Учеб. Пособие для радиотехнических специальностей вузов / Г.И. Веселов, Е.Н. Егоров, Ю.Н. Алехин, Г.Г. Воронина, В.А. Романюк, В.Д. Разевиг, А.Ф. Чаплин, М.В. Шеремет; Под ред. Г.И. Веселова – М.: Высш. Шк., 1988 – 280с., ISBN 5-06-001170-4
- 6.2.8. Микроволновые антенны / Рудольф Кюн. Перевод с немецкого В.И. Тарабрина и Э.В. Лабеецкого под редакцией проф. М.П. Долуханова // Издательство «Судостроение», 1967 г. 520 стр.
- 6.2.9. Gunbina, A.; Tarasov, M.; Fominsky, M.; Chekushkin, A.; Yusupov, R; Nagirnaya, D. Fabrication of Al-uminiun Nanostructures for Microwave Detectors Based on Tunnel Junctions. In Advances in Microelec-tronics Reviews; Yurish, S.Y., Ed.; IFSA Publishing, S.L.: Barcelona, Spain, 2021; Volume 3, pp. 183–212.
- 6.2.10. Носов В.И., Большаков О.С., Бубнов Г.М., и др. Двухволновый измеритель радиопрозрачности атмосферы миллиметрового диапазона// Приборы и техника эксперимента. 2016. Т. 3. С. 49-56.6.2.11.
- 6.2.12. Бубнов Г.М., Григорьев В.Ф., Зинченко И.И., и др. Согласованное определение интегральной влажности и эффективной оптической толщины атмосферы в миллиметровом диапазоне длин волн с использованием широкополосных радиометров// Известия вузов. Радиофизика. 2019. Т. 62, №12. С. 920–931.
- 6.2.13. А. А. Артеменко, А. А. Мальцев, Р. О. Масленников, и др. // Изв. вузов. Радиофизика. 2012. Т. 55, № 12. С. 565-575
- 6.2.14. J. F. O Hara, S. Ekin, W. Choi, I. Song // Technologies. 2019. V. 7, No. 2. P. 43 33. T. S. Rappaport, Y. Xing, O. Kanhere, et al. // IEEE Access. 2019. V. 7. P. 78729 – 78757. doi: 10.1109/ACCESS.2019.2921522
- 6.2.15. J. Radtke, C. Kebschull, E. Stoll // Acta Astronautica. 2017. V. 131. P. 55-68. doi: 10.1016/j.actaastro.2016.11.021.
- 6.2.17. M. Harris // IEEE Spectrum. 2018. V. 55, No. 6. P. 10-11. doi: 10.1109/MSPEC.2018.8362213
- 6.2.18. Эдельман, В.С. Вблизи абсолютного нуля. [ред.] Л.Г. Асламазов. Москва : М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы., 1983. Т. Библиотечка "Квант", выпуск 26.
- 6.2.19. Volpe Angela. Development of a closed cycle dilution refrigerator for astrophysical experiments in space. UNIVERSITE DE GRENOBLE, 2014.
- 6.2.20. В.Ф. Вдовин. Вопросы криостатирования сверхпроводниковых и полупроводниковых приёмников излучения в диапазоне 0,1-1,0 ТГц. Известия вузов. Радиофизика. 2005 г., Т. 68, 10/11, стр. 876-889.

- 6.2.21. Зигель Р., Хауэлл Дж. Теплообмен излучением. м.:Мир. 1975 г., стр. 936 с.
- 6.2.22. Е.И. Микулин / Криогенная техника // М.:Машиностроение, 1969 г., стр. 272
- 6.2.23. Christopher K. Walker / Terahertz Astronomy// ISBN: 978-1-4665-7043-6 (eBook - PDF). 2016 г.
- 6.2.24. И.И. Зинченко. Миллиметровая и субмиллиметровая астрономия сегодня и завтра, 2018 г.
- 6.2.25. The Event Horizon Telescope Collaboration. First M87 Event Horizon Telescope Results. I. The Shadow of the Supermassive Black Hole // The Astrophysical Journal Letters. 2019. Т. 875, №1. p. 17.
- 6.2.26. Паршин В.В., Серов Е.А., Бубнов Г.М., Вдовин В.Ф., Кошелев М.А., Третьяков М.Ю. Криовакуумный резонаторный комплекс. Изв. вузов. Радиофизика. 2013 г., Т. 56, 8/9, стр. 614.
- 6.2.27. В. В. Паршин, М. Ю. Третьяков, М. А. Кошелев, Е. А. Серов. Аппаратурный комплекс и результаты прецизионных исследований распространения миллиметровых и субмиллиметровых волн в конденсированных средах и атмосфере. Известия ВУЗов. Радиофизика. 2009 г., Т. 52, 8, стр. 583-594.
- 6.2.28. А.Ф. Крупнов / Микроволновая спектроскопия. Издание второе, дополненное и переработанное. Нижний Новгород: ИПФ РАН, 2009 – 83 с.
- 6.2.29. М.Ю. Третьяков / Высокоточная резонаторная спектроскопия атмосферных газов в миллиметровом и субмиллиметровом диапазонах длин волн; Федер. Агенство научн. Орг. Федер. Исслед. Центр «Ин-ститут прикладной физики». – Нижний Новгород: ИПФ РАН, 2016. – 320 с. ISBN 978-5-8048-0117-6
- 6.2.30.

### **6.3. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям**

Методические указания и рекомендации по проведению конкретных видов учебных занятий по дисциплине «Техника и приборы терагерцового диапазона частот» находятся на кафедре «ФТОС».

- 6.3.1. Методические рекомендации по организации аудиторной работы по дисциплине «Техника и приборы терагерцового диапазона частот».
- 6.3.2. Методические рекомендации по организации и планированию практических занятия по дисциплине «Техника и приборы терагерцового диапазона частот».
- 6.3.3. Методические рекомендации по организации и планированию самостоятельной работы по дисциплина «Техника и приборы терагерцового диапазона частот».

### **6.4. перечень рекомендуемых журналов**

- 6.4.1. Известия вузов. Радиофизика
- 6.4.2. Приборы и техника эксперимента
- 6.4.3. IEEE Terahertz science and Technology
- 6.4.4. IEEE Transactions on Applied Physics
- 6.4.5. IEEE Antennas and propagation
- 6.4.6. MDPI Applied Sciences
- 6.4.7. Письма в ЖЭТФ
- 6.4.8. Физика твердого тела
- 6.4.9. Радиотехника и электроника
- 6.4.10. Journal of Applied Physics
- 6.4.11. Cryogenics
- 6.4.12. Журнал радиоэлектроники
- 6.4.13. Успехи физических наук
- 6.4.14. IEEE Spectrum
- 6.4.15. MDPI Sensors

## 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)

Научная электронная библиотека E-LIBRARY.ru. – Режим доступа:

<http://elibrary.ru/defaultx.asp>

Электронная библиотечная система Поволжского государственного университета сервиса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elib.tolgas.ru/> - Загл. с экрана.

Электронно-библиотечная система Znanium.com [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://znanium.com/>. – Загл. с экрана.

Открытое образование [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://openedu.ru/>. - Загл. с экрана.

Polpred.com. Обзор СМИ. Полнотекстовая, многоотраслевая база данных (БД) [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://polpred.com/>. – Загл. с экрана.

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.

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 8 – Перечень электронных библиотечных систем

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

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	<a href="https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts">https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts</a>
2	Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем	<a href="https://cyberpedia.su/21x47c0.html">https://cyberpedia.su/21x47c0.html</a>

## 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	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

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 «Техника и приборы терагерцового диапазона частот» 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 и практических 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 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 в процессе текущего контроля.

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета 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 и выполнения заданий самостоятельной работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

### **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.

### **10.5. 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. 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**

Для текущего контроля знаний студентов по дисциплине проводится **комплексная оценка знаний**, включающая проведение устного теоретического опроса.

### **11.1. Типовые вопросы для текущей аттестации (проводится перед началом каждой лекции по 2 вопроса на каждой, кроме первой и заключительной)**

1. Чей портрет должен быть добавлен в галерею на 4 слайде в 1 лекции ?
2. В чем изменились три основные задачи радиоприема за последние 100 лет?
3. Почему курс лекций по современному радио читается в ауд.1323 – мемориальном кабинете Д.В.Агеева
4. На сколько лет обошел Агеев Шеннона? Больше ли чем Попов Маркони?
5. Кто первым показал единство спектра ЭМИ от радиоволн Максвелла до оптики?
6. Перечислить основные типы детекторов ТГц диапазона и рассказать на каком принципе осуществляется детектирование?
7. Какие нелинейные элементы существуют в радиотехнике и какой из них потенциально наиболее перспективен с точки зрения минимизации шумов? Кто первым его предложил и что с ним сейчас (не с автором идеи, а с детектором)?

8. Каков диаметр пучка (-3 дБ) сигнала Вояджера по состоянию на 2021 г?
9. Достижим ли абсолютный ноль температуры и чему он равен?
10. Кто автор стихотворных строк «...лед и пламень» и что строки означают с точки зрения теплофизики?
11. Что объединяет Фрииса и Чендрасекара?
12. В чем отличие 6G и 7G коммуникаций?

### 11.2. Типовые вопросы для промежуточной аттестации в форме зачета

1. Терагерцовый диапазон длин волн, перспективы и проблемы. Есть ли перспективы и какие в военных и антитеррористических приложениях ТГц диапазона? Каковы медико-биологические приложения субММ спектроскопии и радиовидения?
2. Каковы три основные задачи радиоприема, в чем их специфика в ТГц диапазоне?
3. Как оценить физическую температуру охлажденной приемной микро- и наноструктуры, если термодатчик к ней приставить невозможно.
4. Какие астрофизические задачи могут решать сверхвысокочувствительные приемники ТГц волн и почему ТГц приемники очень продуктивны для них?
5. Вакуумные источники ТГц сигнала основные принципы их работы.
6. Твердотельные источники ТГц сигнала и основные принципы их работы.
7. Когерентные ТГц приемники и принцип их работы.
8. Некогерентные ТГц приемники и принцип их работы.
9. Что определяет чувствительность приемника ? Как измерить его шум?
10. Как рассчитать  $T_{\text{шума}}$  приемника состоящего из набора элементов (данные будут предложены)?
11. Как измерить  $T_{\text{шума}}$  приемника Y-фактор методом (будут даны пара данных эталонов, требуется рассчитать  $T_{\text{ш}}$ )?
12. Как определить шумовую температуры цепочки дискретных элементов?
13. Есть ли усилители в ТГц диапазоне и на чём их строят?
14. Зачем ТГц приемнику летать на воздушном шаре?
15. Проблемы изготовления техники субТГц диапазона.
16. Какие основные шаги (и их краткое описание) используются для создания микро- и наноструктур?
17. Что такое вакуум? Для чего нужен, какой глубины, как и чем создается и измеряется глубокий вакуум в криогенных приемниках?
18. Какие типы криогенных систем используются в ТГц приемниках?
19. Как достигаются субкельвинные температуры? Какие предельно низкие температуры достигнуты сегодня в эксперименте? И что может быть в пределе теоретически?
20. Принцип работы рефрижератора адиабатного размагничивания.
21. Принципы работы рефрижераторов растворения с закрытым циклом?
22. Зачем нужны рефрижераторы растворения с открытым циклом?
23. Откуда взялась и как решается проблема герметичных окон криогенных приемников?
24. Формула Стефана-Больцмана и как можно охладить аппаратуру без холодильника?
25. В чем общность закона Ома и закона Фурье?
26. Какие термодатчики субкельвинных температур вы знаете и принцип их работы?
27. Проблемы распространения ТГц волн в атмосфере и как с ними бороться?
28. Что такое и где лежат окна прозрачности и линии поглощения в ММ и субММ диапазонах?
29. Чем привлекательны ТГц волны для атмосферных исследований и что там исследуют?

30. В чем преимущества систем радиотеплолокации субММ диапазона и чем они отличаются от локаторов в радио и ИК диапазонах?
31. Опишите основные квазиоптические устройств и элементы приемников ТГц волн.
32. Методы согласования линзовой квазиоптики ТГц волн.
33. Формула Шеннона Хартли. Рассчитать пропускную способность ТГц канала.
34. Современные телекоммуникации. На каких частотах будет работать 7G мобильная связь? Какие дальнейшие перспективы телекоммуникаций?
35. Предельно допустимые уровни облучения СВЧ?
36. На каком расстоянии сейчас Вояджеры от Земли и сколько времени идет до них радиосигнал?
37. Каковы основные особенности метрологии в ТГц диапазоне? Калибровка и нормировка принимаемого сигнала.
38. Задачи современной ТГц астрономии и инструменты, которыми они решаются.
39. Современная ТГц спектроскопия. Основные направления исследований и перспективы?

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института ИЯЭиТФ

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Лист актуализации рабочей программы дисциплины**

« \_\_\_\_\_ »

индекс по учебному плану, наименование

для подготовки бакалавров/ специалистов/ магистров

Направление: {шифр – название} \_\_\_\_\_

Направленность: \_\_\_\_\_

Форма обучения \_\_\_\_\_

Год начала подготовки: \_\_\_\_\_

Курс \_\_\_\_\_

Семестр \_\_\_\_\_

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)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 г.

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ протокол № \_\_\_\_\_ от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

**Лист актуализации принят на хранение:**

Заведующий выпускающей кафедрой \_\_\_\_\_ « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 г.

Методический отдел УМУ: \_\_\_\_\_ « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 г.