МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
И.о. проректора по УРиМД
_____Нариманова Г.Н.
«05» _____03_____ 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

МИКРОВОЛНОВЫЕ ПРИБОРЫ И УСТРОЙСТВА

Уровень образования: **высшее образование - специалитет**
Направление подготовки / специальность: **11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы**
Направленность (профиль) / специализация: **Инженерия наземных и космических систем связи, локации и навигации**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Институт радиоэлектронной техники (ИРЭТ)**
Кафедра: **институт радиоэлектронной техники (ИРЭТ)**
Курс: **4**
Семестр: **7**
Учебный план набора 2025 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	7 семестр	Всего	Единицы
Лекционные занятия	18	18	часов
Практические занятия	18	18	часов
Лабораторные занятия	16	16	часов
Самостоятельная работа	56	56	часов
Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию)	108	108	часов
	3	3	з.е.

Формы промежуточной аттестации	Семестр
Зачет	7

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Нариманова Г.Н.
Должность: И.о. проректора по УРиМД
Дата подписания: 05.03.2025
Уникальный программный ключ:
eb4e14e0-de8d-48f7-bf05-ceacb167edfe

Томск

Согласована на портале № 83284

1. Общие положения

1.1. Цели дисциплины

1. Целью освоения дисциплины является формирование представлений по основам работы генераторов и усилителей диапазона СВЧ, КВЧ и ГВЧ, получение навыков практического применения приборов и устройств этого диапазона частот.

1.2. Задачи дисциплины

1. Формирование знаний по вопросам теории и практики успешного использования приборов и устройств СВЧ диапазона.
2. Представление о физических процессах в приборах и устройствах СВЧ диапазона, а с другой стороны, свободно владеть методами и средствами анализа процессов в них.
3. Выработка понимания конструктивных особенностей, параметров, характеристик и режимов работы приборов, а также навыков применения СВЧ приборы на практике.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).
Часть блока дисциплин: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.
Модуль дисциплин: Модуль специализации (major).
Индекс дисциплины: Б1.В.02.ДВ.01.02.04.
Реализуется с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 3.1):
Таблица 3.1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Компетенция	Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
Универсальные компетенции		
-	-	-
Общепрофессиональные компетенции		
-	-	-
Профессиональные компетенции		
ПК-3. Способен осуществлять проектирование конструкций радиоэлектронных устройств с применением САПР и пакетов прикладных программ	ПК-3.1. Знает принципы проектирования конструкций радиоэлектронных средств	Знать методы исследования микроволновых устройств
	ПК-3.2. Умеет использовать нормативные и справочные данные при разработке проектно-конструкторской документации	Уметь использовать микроволновые приборы в соответствии с инструкциями.
	ПК-3.3. Владеет навыками оформления проектно-конструкторской документации в соответствии со стандартами	Владеть навыками проведения исследований характеристик микроволновых устройств.

Согласована на портале № 83284

ПК-6. Способен выполнять математическое моделирование объектов и процессов, в том числе с использованием пакетов прикладных программ	ПК-6.1. Знает методы и алгоритмы моделирования процессов в радиоэлектронике, радиотехнических системах и устройствах	Знать методы моделирования микроволновых приборов и устройств
	ПК-6.2. Умеет пользоваться типовыми методиками моделирования объектов и процессов	Уметь применять методики моделирования для микроволновых приборов и устройств
	ПК-6.3. Владеет средствами разработки и создания имитационных моделей с помощью стандартных пакетов прикладных программ	Владеть средствами разработки имитационных моделей для микроволновых приборов

4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 академических часов.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной деятельности представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины по видам учебной деятельности

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		7 семестр
Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	52	52
Лекционные занятия	18	18
Практические занятия	18	18
Лабораторные занятия	16	16
Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	56	56
Подготовка к тестированию	10	10
Подготовка к контрольной работе	10	10
Подготовка к зачету	20	20
Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	16	16
Общая трудоемкость (в часах)	108	108
Общая трудоемкость (в з.е.)	3	3

5. Структура и содержание дисциплины

5.1. Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Структура дисциплины по разделам (темам) и видам учебной деятельности приведена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Названия разделов (тем) дисциплины	Лек. зан., ч	Прак. зан., ч	Лаб. раб.	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
7 семестр						

Согласована на портале № 83284

1 Основы физических процессов в микроволновых приборах и устройствах	4	4	-	8	16	ПК-3, ПК-6
2 Электродинамические системы в микроволновых приборах и устройствах.	4	4	4	12	24	ПК-3, ПК-6
3 Резонансные приборы.	3	4	4	12	23	ПК-3, ПК-6
4 Не резонансные приборы.	3	4	4	12	23	ПК-3, ПК-6
5 Приборы с квазистатическим управлением электронным потоком	4	2	4	12	22	ПК-3, ПК-6
Итого за семестр	18	18	16	56	108	
Итого	18	18	16	56	108	

5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)

Названия разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)	Трудоемкость (лекционные занятия), ч	Формируемые компетенции
7 семестр			
1 Основы физических процессов в микроволновых приборах и устройствах	Определение диапазона СВЧ, КВЧ, ГВЧ. Особенности и классификация приборов. Уравнения, характеризующие взаимодействие заряженных частиц с электромагнитными полями. Пролетные явления как фактор, ограничивающий быстродействие приборов и определяющий конструкцию электродинамической системы приборов.Наведенные токи во внешней цепи при движении свободных зарядов. Методы управления потоками заряженных частиц. Метод динамического управления.Отбор энергии от потока заряженных частиц. Преобразование энергий в микроволновых приборах. Основные параметры микроволновых приборов.Эквивалентные схемы СВЧ приборов.	4	ПК-3, ПК-6
	Итого	4	
2 Электродинамические системы в микроволновых приборах и устройствах.	Электродинамические системы резонансных и не резонансных приборов. Конструкции, параметры, методы расчета параметров. Резонаторы для микроволновых приборов. Резонаторная система магнетронов.Замедляющие системы для не резонансных приборов.	4	ПК-3, ПК-6
	Итого	4	

Согласована на портале № 83284

3 Резонансные приборы.	Пролетные и отражательные клистроны: принцип действия. Применение клистрона в качестве усилителя, умножителя частоты, генератора. Характеристики и параметры. Конструкции клистронов.Группировка электронов в пространстве взаимодействия и условия самовозбуждения магнетрона. Режимы работы и условия самовозбуждения магнетрона. Основные характеристики и параметры. Конструкции магнетронов.	3	ПК-3, ПК-6
	Итого	3	
4 Не резонансные приборы.	Схема устройства ламп бегущей волны и обратной волны типа О. Миниатюризация ламп. Конструкции ламп бегущей волны и обратной волны типов О и М. Принцип действия. Основные характеристики и параметры приборов.	3	ПК-3, ПК-6
	Итого	3	
5 Приборы с квазистатическим управлением электронным потоком	Полупроводниковые диоды с положительным и отрицательным динамическим сопротивлением. Генераторы на полупроводниковых СВЧ диодах. Условия возбуждения. Режимы работы, рабочая частота и выходная мощность. Эквивалентные схемы.	4	ПК-3, ПК-6
	Итого	4	
Итого за семестр		18	
Итого		18	

5.3. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 5.3.

Таблица 5.3. – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
7 семестр			
1 Основы физических процессов в микроволновых приборах и устройствах	Генераторы и усилители СВЧ	4	ПК-3, ПК-6
	Итого	4	
2 Электродинамические системы в микроволновых приборах и устройствах.	Резонаторы. Замедляющие системы.	4	ПК-3
	Итого	4	
3 Резонансные приборы.	Клистроны и магнетроны.	4	ПК-3, ПК-6
	Итого	4	
4 Не резонансные приборы.	Лампы бегущей волны и обратной волны О-типа.	4	ПК-3, ПК-6
	Итого	4	

Согласована на портале № 83284

5 Приборы с квазистатическим управлением электронным потоком	Полупроводниковые приборы и устройства СВЧ.	2	ПК-3, ПК-6
	Итого	2	
Итого за семестр		18	
Итого		18	

5.4. Лабораторные занятия

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
7 семестр			
2 Электродинамические системы в микроволновых приборах и устройствах.	Исследование магнетрона	4	ПК-3, ПК-6
	Итого	4	
3 Резонансные приборы.	Исследование отражательного клистрона	4	ПК-3
	Итого	4	
4 Не резонансные приборы.	Исследование усилительной ЛБВ типа О	4	ПК-3
	Итого	4	
5 Приборы с квазистатическим управлением электронным потоком	Исследования генератора на диоде Ганна	4	ПК-3
	Итого	4	
Итого за семестр		16	
Итого		16	

5.5. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

5.6. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.6. – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов (тем) дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
7 семестр				
1 Основы физических процессов в микроволновых приборах и устройствах	Подготовка к тестированию	2	ПК-3, ПК-6	Тестирование
	Подготовка к контрольной работе	2	ПК-3, ПК-6	Контрольная работа
	Подготовка к зачету	4	ПК-3, ПК-6	Зачёт
	Итого	8		

Согласована на портале № 83284

2 Электродинамические системы в микроволновых приборах и устройствах.	Подготовка к тестированию	2	ПК-3, ПК-6	Тестирование
	Подготовка к контрольной работе	2	ПК-3	Контрольная работа
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	4	ПК-3, ПК-6	Лабораторная работа
	Подготовка к зачету	4	ПК-3, ПК-6	Зачёт
	Итого	12		
3 Резонансные приборы.	Подготовка к тестированию	2	ПК-3	Тестирование
	Подготовка к контрольной работе	2	ПК-3, ПК-6	Контрольная работа
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	4	ПК-3	Лабораторная работа
	Подготовка к зачету	4	ПК-3	Зачёт
	Итого	12		
4 Не резонансные приборы.	Подготовка к тестированию	2	ПК-3	Тестирование
	Подготовка к контрольной работе	2	ПК-3, ПК-6	Контрольная работа
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	4	ПК-3	Лабораторная работа
	Подготовка к зачету	4	ПК-3	Зачёт
	Итого	12		
5 Приборы с квазистатическим управлением электронным потоком	Подготовка к тестированию	2	ПК-3	Тестирование
	Подготовка к контрольной работе	2	ПК-3, ПК-6	Контрольная работа
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	4	ПК-3	Лабораторная работа
	Подготовка к зачету	4	ПК-3	Зачёт
	Итого	12		
Итого за семестр		56		
Итого		56		

5.7. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Формируемые компетенции	Виды учебной деятельности				Формы контроля
	Лек. зан.	Прак. зан.	Лаб. раб.	Сам. раб.	

Согласована на портале № 83284

ПК-3	+	+	+	+	Зачёт, Контрольная работа, Лабораторная работа, Тестирование
ПК-6	+	+	+	+	Зачёт, Контрольная работа, Лабораторная работа, Тестирование

6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

6.1. Балльные оценки для форм контроля

Балльные оценки для форм контроля представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Балльные оценки

Формы контроля	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
7 семестр				
Зачёт	5	10	15	30
Контрольная работа	5	5	5	15
Лабораторная работа	0	15	15	30
Тестирование	5	10	10	25
Итого максимум за период	15	40	45	100
Нарастающим итогом	15	55	100	100

6.2. Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Пересчет баллов в оценки за текущий контроль представлен в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Баллы на дату текущего контроля	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату ТК	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату ТК	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату ТК	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату ТК	2

6.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка	Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен	Оценка (ECTS)
5 (отлично) (зачтено)	90 – 100	A (отлично)
4 (хорошо) (зачтено)	85 – 89	B (очень хорошо)
	75 – 84	C (хорошо)
	70 – 74	D (удовлетворительно)
3 (удовлетворительно) (зачтено)	65 – 69	
	60 – 64	E (посредственно)
2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература

Согласована на портале № 83284

1. Григорьев, А. Д. Микроволновая техника / А. Д. Григорьев. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 244 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/276554 .
2. ПРИБОРЫ И УСТРОЙСТВА СВЧ, КВЧ И ГВЧ ДИАПАЗОНОВ: Учебное пособие / А. М. Заболоцкий - 2023. 114 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/10542.

7.2. Дополнительная литература

1. Бобровский Ю.Л. Электронные, квантовые приборы и микроэлектроника: Учебное пособие для вузов // ред. Н.Д. Федоров. – М.: Радио и связь, 2002. – 560 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 61 экз.).
2. Григорьев, А. Д. Электродинамика и микроволновая техника : учебник . — 2-е изд. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 704 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/210095.

7.3. Учебно-методические пособия

7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Основы СВЧ электроники: Учебно-методическое пособие для практических занятий и самостоятельной работы / А. М. Заболоцкий - 2023. 115 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/10541.
2. Микроволновые приборы и устройства: Руководство к лабораторным работам для студентов технических направлений подготовки и специальностей / А. М. Заболоцкий, В. А. Трубченинов - 2024. 60 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/10982.

7.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

Для лиц с нарушениями зрения:
– в форме электронного документа;
– в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:
– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

При изучении дисциплины рекомендуется обращаться к современным базам данных, информационно-справочным и поисковым системам, к которым у ТУСУРа открыт доступ: https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh.

8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

8.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с достаточным количеством посадочных мест для учебной группы, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются мультимедийное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

8.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий

Учебная лаборатория "Электронных, квантовых и СВЧ приборов": учебная аудитория для

Согласована на портале № 83284

проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 329а ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Осциллограф Tektronix TDS 2012B;
- Генератор сигналов АКИП-3417/2 - 2 шт.;
- Генератор импульсов Г5-54;
- Источник питания GWINSTEK GPS-73030D - 2 шт.;
- Осциллограф KEYSIGHT SDOX1204A;
- Генератор сигналов Г4-126;
- Источник питания УИП-1;
- Генератор сигналов Anritsu MG3670G;
- Частотомер Ч2-32 - 2 шт.;
- Лазер ЛГН-207А - 3 шт.;
- Оптическая скамья ОСК-3 - 3 шт.;
- Вольтметр цифровой GDM-8145 - 2 шт.;
- Комплект лабораторных работ по "Фурье-Оптике" - 3 шт.;
- Проектор;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ

Учебная лаборатория "Электронных, квантовых и СВЧ приборов": учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 329а ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Осциллограф Tektronix TDS 2012B;
- Генератор сигналов АКИП-3417/2 - 2 шт.;
- Генератор импульсов Г5-54;
- Источник питания GWINSTEK GPS-73030D - 2 шт.;
- Осциллограф KEYSIGHT SDOX1204A;
- Генератор сигналов Г4-126;
- Источник питания УИП-1;
- Генератор сигналов Anritsu MG3670G;
- Частотомер Ч2-32 - 2 шт.;
- Лазер ЛГН-207А - 3 шт.;
- Оптическая скамья ОСК-3 - 3 шт.;
- Вольтметр цифровой GDM-8145 - 2 шт.;
- Комплект лабораторных работ по "Фурье-Оптике" - 3 шт.;
- Проектор;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

8.4. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 101 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 107 ауд.;

Согласована на портале № 83284

- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 130 ауд.

Описание имеющегося оборудования:
- учебная мебель;
- компьютеры;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду ТУСУРа.

Перечень программного обеспечения:
- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

8.5. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями зрения** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

9. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

9.1. Содержание оценочных материалов для текущего контроля и промежуточной аттестации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы, представленные в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

Названия разделов (тем) дисциплины	Формируемые компетенции	Формы контроля	Оценочные материалы (ОМ)
1 Основы физических процессов в микроволновых приборах и устройствах	ПК-3, ПК-6	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Контрольная работа	Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий

Согласована на портале № 83284

2 Электродинамические системы в микроволновых приборах и устройствах.	ПК-3, ПК-6	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Контрольная работа	Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
3 Резонансные приборы.	ПК-3, ПК-6	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Контрольная работа	Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
4 Не резонансные приборы.	ПК-3, ПК-6	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Контрольная работа	Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
5 Приборы с квазистатическим управлением электронным потоком	ПК-3, ПК-6	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Контрольная работа	Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий

Шкала оценки сформированности отдельных планируемых результатов обучения по дисциплине приведена в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Шкала оценки сформированности планируемых результатов обучения по дисциплине

Оценка	Баллы за ОМ	Формулировка требований к степени сформированности планируемых результатов обучения		
		знать	уметь	владеть
2 (неудовлетворительно)	< 60% от максимальной суммы баллов	отсутствие знаний или фрагментарные знания	отсутствие умений или частично освоенное умение	отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков

Согласована на портале № 83284

3 (удовлетворительно)	от 60% до 69% от максимальной суммы баллов	общие, но не структурированные знания	в целом успешно, но не систематически осуществляемое умение	в целом успешное, но не систематическое применение навыков
4 (хорошо)	от 70% до 89% от максимальной суммы баллов	сформированные, но содержащие отдельные проблемы знания	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы применение навыков
5 (отлично)	≥ 90% от максимальной суммы баллов	сформированные систематические знания	сформированное умение	успешное и систематическое применение навыков

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

Оценка	Формулировка требований к степени компетенции
2 (неудовлетворительно)	Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или Знать на уровне **ориентирования**, представлений. Обучающийся знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения.
3 (удовлетворительно)	Знать и уметь на **репродуктивном** уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях.
4 (хорошо)	Знать, уметь, владеть на **аналитическом** уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения.
5 (отлично)	Знать, уметь, владеть на **системном** уровне. Обучающийся знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания дисциплины, его значимость в содержании дисциплины.

9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

1. Какие линии семейство вольтамперных характеристик магнетрона наносятся на график параболы критического режима, помимо самой параболы?
    1. линия порогового напряжения и линия напряжения синхронизации;
    2. линии образования спиц и формирование π-типа колебаний;
    3. линия напряжения синхронизации и линия баланса;
    4. линия движения по циклойде и линия напряжения синхронизации.
2. Какую тройку векторов составляют вектора E, H и вектор Пойнтинга?
    1. быструю;
    2. всенаправленную;

Согласована на портале № 83284

3. декартову;
4. правую;
5. левую.

3. Поясните, какие физические процессы не происходят в пролетном клистроне при его работе?
    1. модуляция по плотности;
    2. отбор энергии;
    3. модуляция по скорости;
    4. дрейф носителей заряда;
    5. перераспределение носителей заряда под действием отражающего поля.
4. Какие из полимеров являются наиболее прозрачными в СВЧ диапазоне?
    1. полиэтилен;
    2. поливинил;
    3. тефлон;
    4. органическое стекло.
5. Какой вид имеет условие «синхронизма» волны и электронного потока в ЛБВО?
    1. Vф≤V0,
    2. Vф≥V0,
    3. Vф=V0,
    4. Vф=V0=Vc.
6. Измерение диэлектрической проницаемости в коаксиальной линии относится?
    1. к прямым методам;
    2. к косвенным методам;
    3. к методам замещения;
    4. к обратным методам.
7. Волновое число определяется формулой?
    1. k=f/c,
    2. k=w/c,
    3. k=w*c,
    4. $k=2*\pi/\lambda$.
8. Толщина скин слоя определяется уменьшением амплитуды электромагнитных волн по мере их проникновения вглубь проводящей среды в:
    1. 2 раза,
    2. 5 раз,
    3. 10 раз,
    4. e раз.
9. Поясните принцип динамического управления носителями заряда. В каких приборах не используется этот принцип?
    1. Клистроны,
    2. Лампы бегущей волны,
    3. Лампы обратной волны,
    4. Магнетроны,
    5. Диоды.
10. Типы колебаний в прямоугольном волноводе?
    1. TEM,
    2. TM и TE,
    3. E и H,
    4. THM.
11. Тип колебаний в коаксиальном волноводе?
    1. TEM,
    2. TM и TE,
    3. E и H,
    4. THM.
12. Электромагнитные волны в цилиндрическом волноводе?
    1. TEM,
    2. TM и TE,
    3. E и H,

Согласована на портале № 83284

4. ТНМ.

13. Какой параметр определяется методом короткого замыкания?
    1. Коэффициент отражения,
    2. Коэффициент прохождения,
    3. Коэффициент взаимодействия,
    4. Коэффициент усиления.
14. В чем преимущества резонаторных методов?
    1. высокая чувствительной для объектов, малых по сравнению с длиной волны,
    2. высокая чувствительной для объектов, больших по сравнению с длиной волны,
    3. высокая чувствительной для объектов в резонансной области,
    4. независимость результатов измерений от положения образцов.
15. Укажите связь векторов магнитного поля в материальной среде?
    1. D=□E,
    2. B=□H,
    3. B=μH,
    4. D=μE.
16. Укажите связь векторов электрического поля в материальной среде?
    1. D=□E,
    2. B=□H,
    3. B=μH,
    4. D=μE.
17. В зазоре первого резонатора пролетного клистрона переменное поле воздействует на электронный поток. Поясните, какие изменения в потоке не будут происходить после пока поток движется ко второму резонатору?
    1. Дрейф носителей заряда,
    2. Модуляция по скорости,
    3. Модуляция по плотности,
    4. Преобразование энергии.
18. Какие источники излучения применяются в терагерцовом спектрометре STD-21?
    1. Клистроны,
    2. магнетроны,
    3. лампы бегущей волны,
    4. лампы обратной волны.

9.1.2. Перечень вопросов для зачета

1. Основные уравнения для анализа процессов.
2. Время и угол пролета.
3. Пространственно-временные диаграммы.
4. Ток во внешней цепи МВП. Уравнение и форма наведенного тока.
5. Наведенный ток модулированным потоком.
6. Отбор энергии от движущихся носителей заряда.
7. Управление электронным потоком.
8. Резонаторы.
9. Замедляющие системы, параметры и характеристики.
10. Типы замедляющих систем.
11. Применение СВЧ-нагрева.
12. Требования к электронной пушке.
13. Поперечно ограничивающая система.
14. Эквивалентная схема генераторов и усилителей с резонансной колебательной системой.
15. Пролетный клистрон.
16. Воздействие поля первого резонатора на электронный поток.
17. Электронный КПД пролетного клистрона.
18. Усилительный пролетный клистрон.
19. Многорезонаторные пролетные клистроны.
20. Отражательные клистроны.
21. Схема устройства и принцип действия ЛБВО.
22. Взаимодействия поля волны с электронами в «горячем» режиме ЛБВО (линейное

Согласована на портале № 83284

приближение).
23. Характеристики ЛБВО.
24. Лампа обратной волны типа О (ЛОВО).
25. Устройство магнетрона.
26. Движение электронов в скрещенных полях.
27. Формирование электронных сгустков. Условие синхронизма в магнетроне.
28. Рабочие характеристики магнетрона.
29. Диоды Ганна.

9.1.3. Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ

1. Общие вопросы генераторов и усилителей СВЧ.
2. Клистроны.
3. Лампы бегущей волны и обратной волны О - типа.
4. Приборы М – типа.
5. Полупроводниковые приборы.

9.1.4. Темы лабораторных работ

1. Исследование магнетрона
2. Исследование отражательного клистрона
3. Исследование усилительной ЛБВ типа О
4. Исследования генератора на диоде Ганна

9.2. Методические рекомендации

Учебный материал излагается в форме, предполагающей самостоятельное мышление студентов, самообразование. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом.

В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах; пользоваться через кабинет студента на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

– чтение или просмотр материала осуществляйте со скоростью, достаточной для индивидуального понимания и освоения материала, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;

– если в тексте встречаются незнакомые или малознакомые термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;

– осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации, в т.ч. с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия, в т.ч. в форме вебинаров. Расписание вебинаров и записи вебинаров публикуются в электронном курсе / электронном журнале по дисциплине.

9.3. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 9.4.

Таблица 9.4 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Согласована на портале № 83284

Категории обучающихся	Виды дополнительных оценочных материалов	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами
С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами, определяющимися исходя из состояния обучающегося на момент проверки

9.4. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

– в печатной форме;
– в печатной форме с увеличенным шрифтом;
– в форме электронного документа;
– методом чтения ассистентом задания вслух;
– предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

– письменно на бумаге;
– набор ответов на компьютере;
– набор ответов с использованием услуг ассистента;
– представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:
– в форме электронного документа;
– в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:
– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 83284

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры СВЧиКР
протокол № 6 от «14» 2 2025 г.

СОГЛАСОВАНО:

Должность	Инициалы, фамилия	Подпись
Заведующий выпускающей каф. ИРЭТ	А.М. Заболоцкий	Согласовано, 47c2d4ff-8c0e-484c-b856-20e4ba4f0e52
Заведующий обеспечивающей каф. СВЧиКР	А.М. Заболоцкий	Согласовано, 47c2d4ff-8c0e-484c-b856-20e4ba4f0e52
Начальник учебного управления	И.А. Лариошина	Согласовано, c3195437-a02f-4972-a7c6-ab6ee1f21e73

ЭКСПЕРТЫ:

Директор, каф. ИРЭТ	А.М. Заболоцкий	Согласовано, 47c2d4ff-8c0e-484c-b856-20e4ba4f0e52
Доцент, каф. СВЧиКР	А.С. Перин	Согласовано, a0f1668d-d020-4ff4-9a8a-4ff4e15b36fe

РАЗРАБОТАНО:

Заведующий кафедрой, каф. СВЧиКР	А.М. Заболоцкий	Разработано, 47c2d4ff-8c0e-484c-b856-20e4ba4f0e52

Согласована на портале № 83284