

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе

Документ подписан электронной подписью

Сертификат: 1с6сfa0a-52a6-4f49-aef0-5584d3fd4820

Владелец: Троян Павел Ефимович

Действителен: с 19.01.2016 по 16.09.2019

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

**Микроволновые приборы и устройства**

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**

Направление подготовки (специальность): **11.03.04 Электроника и нанoeлектроника**

Направленность (профиль): **Квантовая и оптическая электроника**

Форма обучения: **очная**

Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**

Кафедра: **ЭП, Кафедра электронных приборов**

Курс: **4**

Семестр: **8**

Учебный план набора 2016 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	8 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	20	20	часов
2	Практические занятия	14	14	часов
3	Лабораторные занятия	16	16	часов
4	Всего аудиторных занятий	50	50	часов
5	Из них в интерактивной форме	30	30	часов
6	Самостоятельная работа	22	22	часов
7	Всего (без экзамена)	72	72	часов
8	Подготовка и сдача экзамена / зачета	36	36	часов
9	Общая трудоемкость	108	108	часов
		3.0	3.0	З.Е

Экзамен: 8 семестр

Томск 2017

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, утвержденного 2015-03-12 года, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ года, протокол №\_\_\_\_\_.

Разработчики:

доцент каф. СВЧиКР \_\_\_\_\_ Запасной А. С.

Заведующий обеспечивающей каф.  
СВЧиКР

\_\_\_\_\_ Шарангович С. Н.

Рабочая программа согласована с факультетом, профилирующей и выпускающей кафедрами направления подготовки (специальности).

Декан ФЭТ \_\_\_\_\_ Воронин А. И.

Заведующий выпускающей каф.  
ЭП

\_\_\_\_\_ Шандаров С. М.

Эксперты:

Доцент кафедры электронных  
приборов Томский  
государственный университет  
систем управления и  
радиоэлектроники

\_\_\_\_\_ Орликов Л. Н.

Доцент кафедры  
сверхвысокочастотной и квантовой  
радиотехники Томский  
государственный университет  
систем управления и  
радиоэлектроники

\_\_\_\_\_ Мандель А. Е.

## 1. Цели и задачи дисциплины

### 1.1. Цели дисциплины

Целью освоения дисциплины «Основы СВЧ электроники» 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

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

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Микроволновые приборы и устройства» (Б1.В.ОД.10) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются следующие дисциплины: Вакуумные и плазменные приборы и устройства, Введение в электронику, Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты, Компоненты электронных схем, Микроволновая электроника, Схемотехника, Твердотельная электроника, Твердотельные приборы и устройства, Физика.

Последующими дисциплинами являются: .

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- ОПК-1 способностью представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики;
- ПК-1 способностью строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования;
- ПК-3 готовностью анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций;
- ПК-5 готовностью выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования;
- ПК-6 способностью разрабатывать проектную и техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы;
- ПК-7 готовностью осуществлять контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам;

В результате изучения дисциплины студент должен:

- **знать** физические принципы преобразования энергий, лежащие в основе микроволновой электроники; основные характеристики и параметры микроволновых приборов и особенности настройки схем, их использующих; принципы работы устройств, использующих активные микроволновые приборы.
- **уметь** использовать методы и средства анализа процессов в микроволновых приборах; обосновывать применение микроволновых приборов в практической деятельности; разрабатывать схемы установок для проведения экспериментальных исследований.
- **владеть** навыками выбора из множества микроволновых приборов единственного необходимого для экспериментальной установки; навыками обработки и оценки экспериментальных результатов; умением разрабатывать технические требования для

использования микроволновых приборов в практике; знаниями параметров и характеристик, режимов работы микроволновых приборов.

#### 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		8 семестр
Аудиторные занятия (всего)	50	50
Лекции	20	20
Практические занятия	14	14
Лабораторные занятия	16	16
Из них в интерактивной форме	30	30
Самостоятельная работа (всего)	22	22
Оформление отчетов по лабораторным работам	12	12
Проработка лекционного материала	5	5
Подготовка к практическим занятиям, семинарам	5	5
Всего (без экзамена)	72	72
Подготовка и сдача экзамена / зачета	36	36
Общая трудоемкость час	108	108
Зачетные Единицы Трудоемкости	3.0	3.0

#### 5. Содержание дисциплины

##### 5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

№	Названия разделов дисциплины	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
1	Основы физических процессов в СВЧ приборах	6	4	0	2	12	ОПК-1, ПК-1, ПК-3, ПК-5
2	Электродинамические системы в приборах СВЧ электроники	4	4	0	2	10	ОПК-1, ПК-1, ПК-3, ПК-5
3	Резонансные приборы в электронике	3	2	8	8	21	ОПК-1, ПК-1, ПК-3, ПК-5, ПК-6, ПК-7
4	Не резонансные приборы в	3	2	4	5	14	ОПК-1, ПК-

	электронике						1, ПК-3, ПК-5, ПК-6, ПК-7
5	Приборы с квазистатическим управлением электронным потоком	4	2	4	5	15	ОПК-1, ПК-1, ПК-3, ПК-5, ПК-6, ПК-7
	Итого	20	14	16	22	72	

### 5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

Содержание разделов дисциплин (по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 - Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

Названия разделов	Содержание разделов дисциплины по лекциям	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
<b>8 семестр</b>			
1 Основы физических процессов в СВЧ приборах	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.	6	ОПК-1, ПК-1, ПК-3
	Итого	6	
2 Электродинамические системы в приборах СВЧ электроники	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	ОПК-1, ПК-1, ПК-3
	Итого	4	

3 Резонансные приборы в электронике	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	ОПК-1, ПК-1, ПК-3
	Итого	3	
4 Не резонансные приборы в электронике	Схема устройства ЛБВ и ЛОВ типа О. Миниатюризация ламп. Основные конструктивные особенности ЛБВ и ЛОВ типа - О. Конструкции ЛБВО и ЛОВО, ЛБВ и ЛОВ типа М. Принцип действия. Основные характеристики и параметры приборов. Конструкции ЛБВМ и ЛОВМ.	3	ОПК-1, ПК-1, ПК-3
	Итого	3	
5 Приборы с квазистатическим управлением электронным потоком	Полупроводниковые диоды с положительным и отрицательным динамическим сопротивлением. Генераторы на полупроводниковых СВЧ диодах (ЛПД и ДГ). Условия возбуждения. Режимы работы, рабочая частота и выходная мощность. Эквивалентные схемы.	4	ОПК-1, ПК-1, ПК-3
	Итого	4	
Итого за семестр		20	

### 5.3. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами представ-лены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 - Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

№	Наименование дисциплин	№ разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин				
		1	2	3	4	5
Предшествующие дисциплины						
1	Вакуумные и плазменные приборы и устройства	+	+	+		
2	Введение в электронику	+				
3	Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты	+	+	+	+	+

4	Компоненты электронных схем		+			+
5	Микроволновая электроника	+	+			+
6	Схемотехника	+	+			
7	Твердотельная электроника					+
8	Твердотельные приборы и устройства					+
9	Физика	+	+			

#### 5.4. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.4

Таблица 5. 4 – Соответствие компетенций и видов занятий, формируемых при изучении дисциплины

Компетенции	Виды занятий				Формы контроля
	Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа	
ОПК-1	+			+	Опрос на занятиях, Выступление (доклад) на занятии
ПК-1	+	+		+	Контрольная работа, Опрос на занятиях, Выступление (доклад) на занятии
ПК-3	+			+	Опрос на занятиях, Выступление (доклад) на занятии
ПК-5		+	+	+	Контрольная работа, Защита отчета, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях
ПК-6			+	+	Защита отчета, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях
ПК-7			+	+	Защита отчета, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях

#### 6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах приведены в таблице 6.1

Таблица 6.1 – Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах

Методы	Интерактивные практические занятия	Интерактивные лабораторные занятия	Интерактивные лекции	Всего
8 семестр				
Мозговой штурм	3		2	5
Решение ситуационных задач	2	3	4	9
Выступление студента в роли обучающего			4	4
Работа в команде	3	4		7
Презентации с использованием раздаточных материалов с обсуждением	2	3		5
Итого за семестр:	10	10	10	30
Итого	10	10	10	30

### 7. Лабораторный практикум

Содержание лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Содержание лабораторных работ

Названия разделов	Содержание лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
8 семестр			
3 Резонансные приборы в электронике	Исследование магнетрона	4	ПК-5, ПК-6, ПК-7
	Исследование отражательного клистрона	4	
	Итого	8	
4 Не резонансные приборы в электронике	Исследование усилительной ЛБВ типа О	4	ПК-5, ПК-6, ПК-7
	Итого	4	
5 Приборы с квазистатическим управлением электронным потоком	Исследования генератора на диоде Ганна	4	ПК-5, ПК-6, ПК-7
	Итого	4	
Итого за семестр		16	

### 8. Практические занятия

Содержание практических работ приведено в таблице 8.1.



Таблица 8. 1 – Содержание практических работ

Названия разделов	Содержание практических занятий	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
<b>8 семестр</b>			
1 Основы физических процессов в СВЧ приборах	Углы пролета, наведенные токи, проводимость приборов, эквивалентные схемы приборов.	4	ПК-1, ПК-5
	Итого	4	
2 Электродинамические системы в приборах СВЧ электроники	Резонаторы. Замедляющие системы. Выводы энергии на линии передачи (волноводы, коаксиальные линии, полосковые).	4	ПК-1, ПК-5
	Итого	4	
3 Резонансные приборы в электронике	Расчет выходных параметров клистронов и магнетронов.	2	ПК-1, ПК-5
	Итого	2	
4 Не резонансные приборы в электронике	Расчет выходных параметров ЛБВ и ЛОВ.	2	ПК-1, ПК-5
	Итого	2	
5 Приборы с квазистатическим управлением электронным потоком	Расчет выходных параметров ГДГ и ГЛПД.	2	ПК-1, ПК-5
	Итого	2	
Итого за семестр		14	

### 9. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 9.1.

Таблица 9.1 - Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
<b>8 семестр</b>				
1 Основы физических процессов в СВЧ приборах	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	1	ПК-1, ПК-5, ОПК-1, ПК-3	Выступление (доклад) на занятии, Контрольная работа, Опрос на занятиях
	Проработка лекционного материала	1		
	Итого	2		
2 Электродинамические системы в приборах СВЧ электроники	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	1	ПК-1, ПК-5, ОПК-1,	Выступление (доклад) на занятии, Контрольная работа, Опрос на

	Проработка лекционного материала	1	ПК-3	занятиях
	Итого	2		
3 Резонансные приборы в электронике	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	1	ПК-1, ПК-5, ОПК-1, ПК-3, ПК-6, ПК-7	Выступление (доклад) на занятии, Защита отчета, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе
	Проработка лекционного материала	1		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	3		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	3		
	Итого	8		
4 Не резонансные приборы в электронике	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	1	ПК-1, ПК-5, ОПК-1, ПК-3, ПК-6, ПК-7	Выступление (доклад) на занятии, Защита отчета, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе
	Проработка лекционного материала	1		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	3		
	Итого	5		
5 Приборы с квазистатическим управлением электронным потоком	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	1	ПК-1, ПК-5, ОПК-1, ПК-3, ПК-6, ПК-7	Выступление (доклад) на занятии, Защита отчета, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе
	Проработка лекционного материала	1		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	3		
	Итого	5		
Итого за семестр		22		
	Подготовка к экзамену / зачету	36		Экзамен
Итого		58		

### 9.1. Тематика практики

1. Общие вопросы генераторов и усилителей СВЧ.

### 10. Курсовая работа

Не предусмотрено РУП

### 11. Рейтинговая система для оценки успеваемости студентов

#### 11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Балльные оценки для элементов контроля

Элементы учебной деятельности	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
8 семестр				

Выступление (доклад) на занятии	3	4	3	10
Защита отчета		10	10	20
Контрольная работа	5	5	5	15
Опрос на занятиях	3	4	3	10
Отчет по лабораторной работе		5	10	15
Итого максимум за период	11	28	31	70
Экзамен				30
Нарастающим итогом	11	39	70	100

### 11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Пересчет баллов в оценки за контрольные точки представлен в таблице 11.2.

Таблица 11. 2 – Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Баллы на дату контрольной точки	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату КТ	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату КТ	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату КТ	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату КТ	2

### 11.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 11.3.

Таблица 11. 3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка (ГОС)	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)

## 12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 12.1. Основная литература

1. Приборы и устройства СВЧ, КВЧ и ГВЧ диапазонов: Учебное пособие / Соколова Ж. М. - 2012. 283 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/634>, дата обращения: 23.01.2017.

2. Приборы и устройства оптического и СВЧ диапазонов: Учебное пособие / Куц Г. Г., Соколова Ж. М., Шангина Л. И. - 2012. 414 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/716>, дата обращения: 23.01.2017.

### 12.2. Дополнительная литература

1. Микроволновые устройства телекоммуникационных систем. Т.1, 2: Устройства прием-

ного и передающего трактов. Проектирование устройств и реализация систем / М.З. Згуровский, М.Е. Ильченко, С.М. Кравчук. – Киев: Політехніка, 2003. – Т. 1. – 456 с.; Т. 2. – 616 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 1 экз.)

2. 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.)

3. Григорьев А.Д. Электродинамика и микроволновая техника: [Электронный ресурс]: Учебник для вузов. – СПб.: Издательство «Лань», 2007. – 704 с. [Электронный ресурс]. - <http://e.lanbook.com/view/book/118>

### **12.3 Учебно-методические пособия**

#### **12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия**

1. Основы СВЧ электроники: Сборник задач, вопросов и упражнений (учебно-методическое пособие по практическим занятиям) / Соколова Ж. М. - 2013. 124 с. [Электронный ресурс]. - <https://edu.tusur.ru/publications/3713>

2. Исследование отражательного клистрона: Руководство к лабораторной работе / Падусова Е. В., Соколова Ж. М. - 2011. 20 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/104>, дата обращения: 23.01.2017.

3. Исследование усилительной лампы бегущей волны: Руководство к лабораторной работе / Соколова Ж. М., Никифоров А. Н. - 2011. 27 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/108>, дата обращения: 23.01.2017.

4. Исследование СВЧ генератора на диоде Ганна: Руководство к лабораторной работе / Соколова Ж. М., Никифоров А. Н. - 2011. 23 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/110>, дата обращения: 23.01.2017.

5. Исследование многорезонаторного магнетрона: Руководство к лабораторной работе / Падусова Е. В., Соколова Ж. М. - 2011. 17 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/109>, дата обращения: 23.01.2017.

6. Микроволновые приборы и устройства: учебно-методическое пособие по организации самостоятельной работы студентов / Соколова Ж. М. - 2010. 97 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/16>, дата обращения: 23.01.2017.

#### **12.3.2 Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья**

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа 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.

### **12.4. Базы данных, информационно-справочные, поисковые системы и требуемое программное обеспечение**

1. При обучении используются базы данных периодических изданий и ресурсы Интернета, такие как: Википедия, Google и Yandex.

## **13. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

### **13.1. Общие требования к материально-техническому обеспечению дисциплины**

#### **13.1.1. Материально-техническое обеспечение для лекционных занятий**

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория, с количеством

посадочных мест не менее 22-24, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются наглядные пособия в виде презентаций по лекционным разделам дисциплины.

### **13.1.2. Материально-техническое обеспечение для практических занятий**

Для проведения практических (семинарских) занятий используется учебная аудитория, расположенная по адресу 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 3 этаж, ауд. 328. Состав оборудования: Учебная мебель; Доска магнитно-маркерная -1шт.; Коммутатор D-Link Switch 24 port - 1шт.; Компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. -14 шт. Используется лицензионное программное обеспечение, пакеты версией не ниже: Microsoft Windows XP Professional with SP3/Microsoft Windows 7 Professional with SP1; Microsoft Windows Server 2008 R2; Visual Studio 2008 EE with SP1; Microsoft Office Visio 2010; Microsoft Office Access 2003; VirtualBox 6.2. Имеется помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования.

### **13.1.3. Материально-техническое обеспечение для лабораторных работ**

Для проведения лабораторных занятий используется учебно-исследовательская вычислительная лаборатория, расположенная по адресу 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 3 этаж, ауд. 329а. Состав оборудования: Учебная мебель; Компьютеры класса не ниже Intel Pentium G3220 (3.0GHz/4Mb)/4GB RAM/ 500GB с широкополосным доступом в Internet, с мониторами типа Samsung 18.5" S19C200N– 18 шт.; Используется лицензионное программное обеспечение, пакеты версией не ниже: Microsoft Windows XP Professional with SP3; Visual Studio 2008 EE with SP1; Microsoft Office Visio 2010; Microsoft SQL-Server 2005; Matlab v6.5

### **13.1.4. Материально-техническое обеспечение для самостоятельной работы**

Для самостоятельной работы используется учебная аудитория (компьютерный класс), расположенная по адресу 634034, г. Томск, ул. Вершинина, 47, 3 этаж, ауд. 324. Состав оборудования: учебная мебель; компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. - 4 шт.; компьютеры подключены к сети ИНТЕРНЕТ и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

## **13.2. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья**

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При обучении студентов с **нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах для студентов с нарушениями слуха, мобильной системы обучения для студентов с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой обучаются студенты с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При обучении студентов с **нарушениями зрениями** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеовеличителей для удаленного просмотра.

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

## **14. Фонд оценочных средств**

### **14.1. Основные требования к фонду оценочных средств и методические рекомендации**

Фонд оценочных средств и типовые контрольные задания, используемые для оценки сформированности и освоения закрепленных за дисциплиной компетенций при проведении текущей, промежуточной аттестации по дисциплине приведен в приложении к рабочей программе.

## 14.2 Требования к фонду оценочных средств для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для студентов с инвалидностью предусмотрены дополнительные оценочные средства, перечень которых указан в таблице.

**Таблица 14 – Дополнительные средства оценивания для студентов с инвалидностью**

Категории студентов	Виды дополнительных оценочных средств	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, исходя из состояния обучающегося на момент проверки

## 14.3 Методические рекомендации по оценочным средствам для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для студентов с ОВЗ 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.

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов 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 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 обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

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

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе  
\_\_\_\_\_ П. Е. Троян  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

**Микроволновые приборы и устройства**

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**

Направление подготовки (специальность): **11.03.04 Электроника и наноэлектроника**

Направленность (профиль): **Квантовая и оптическая электроника**

Форма обучения: **очная**

Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**

Кафедра: **ЭП, Кафедра электронных приборов**

Курс: **4**

Семестр: **8**

Учебный план набора 2016 года

Разработчики:

– доцент каф. СВЧиКР Запасной А. С.

Экзамен: 8 семестр

Томск 2017

## 1. Введение

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе дисциплины (практики) и представляет собой совокупность контрольно-измерительных материалов (типовые задачи (задания), контрольные работы, тесты и др.) и методов их использования, предназначенных для измерения уровня достижения студентом установленных результатов обучения.

ФОС по дисциплине (практике) используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

Перечень закрепленных за дисциплиной (практикой) компетенций приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций

Код	Формулировка компетенции	Этапы формирования компетенций
ПК-6	способностью разрабатывать проектную и техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы	Должен знать физические принципы преобразования энергий, лежащие в основе микроволновой электроники; основные характеристики и параметры микроволновых приборов и особенности настройки схем, их использующих; принципы работы устройств, использующих активные микроволновые приборы. ; Должен уметь использовать методы и средства анализа процессов в микроволновых приборах; обосновывать применение микроволновых приборов в практической деятельности; разрабатывать схемы установок для проведения экспериментальных исследований. ; Должен владеть навыками выбора из множества микроволновых приборов единственного необходимого для экспериментальной установки; навыками обработки и оценки экспериментальных результатов; умением разрабатывать технические требования для использования микроволновых приборов в практике; знаниями параметров и характеристик, режимов работы микроволновых приборов. ;
ПК-7	готовностью осуществлять контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам	
ОПК-1	способностью представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики	
ПК-1	способностью строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования	
ПК-3	готовностью анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций	
ПК-5	готовностью выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования	

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций на всех этапах приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций по этапам

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	Обладает фактическими и теоретическими знаниями в пределах изучаемой области с	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития творческих решений,	Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует действия работы



	пониманием границ применимости	абстрагирования проблем	
Хорошо (базовый уровень)	Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования	Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспособливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем
Удовлетворительно (пороговый уровень)	Обладает базовыми общими знаниями	Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач	Работает при прямом наблюдении

## 2 Реализация компетенций

### 2.1 Компетенция ПК-6

ПК-6: способностью разрабатывать проектную и техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	действующие стандарты, технические условия, положения и инструкции по эксплуатации оборудования, программного обеспечения и оформлению технической документации; этапы разработки наукоемкой продукции	осуществлять сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения; разрабатывать инструкции по эксплуатации используемых технического оборудования и программного обеспечения	навыками сбора, обработки, анализа и систематизации отечественной и зарубежной научно-технической информации по тематике исследования в области электроники и наноэлектроники; навыками анализа и систематизации результатов исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций
Виды занятий	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Интерактивные практические занятия;</li> <li>• Интерактивные лабораторные занятия;</li> <li>• Интерактивные лекции;</li> <li>• Практические занятия;</li> <li>• Лабораторные занятия;</li> <li>• Лекции;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Интерактивные практические занятия;</li> <li>• Интерактивные лабораторные занятия;</li> <li>• Интерактивные лекции;</li> <li>• Практические занятия;</li> <li>• Лабораторные занятия;</li> <li>• Лекции;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Интерактивные практические занятия;</li> <li>• Интерактивные лабораторные занятия;</li> <li>• Лабораторные занятия;</li> <li>• Самостоятельная работа;</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Самостоятельная работа;</li> <li>• Подготовка и сдача экзамена / зачета;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Самостоятельная работа;</li> <li>• Подготовка и сдача экзамена / зачета;</li> </ul>	
Используемые средства оценивания	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Отчет по лабораторной работе;</li> <li>• Опрос на занятиях;</li> <li>• Экзамен;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Отчет по лабораторной работе;</li> <li>• Опрос на занятиях;</li> <li>• Экзамен;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Отчет по лабораторной работе;</li> <li>• Экзамен;</li> </ul>

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 4.

Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• действующие стандарты, технические условия, положения и инструкции по эксплуатации оборудования, программного обеспечения и оформлению технической документации; этапы разработки наукоемкой продукции;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• осуществлять сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения; разрабатывать инструкции по эксплуатации используемых технического оборудования и программного обеспечения;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• навыками сбора, обработки, анализа и систематизации отечественной и зарубежной научно-технической информации по тематике исследования в области электроники и нанoeлектроники; навыками анализа и систематизации результатов исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций ;</li> </ul>
Хорошо (базовый уровень)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• действующие стандарты, положения и инструкции по эксплуатации оборудования, программного обеспечения и оформлению технической документации;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• осуществлять сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• навыками сбора научно-технической информации по тематике исследования в области электроники и нанoeлектроники; навыками представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций ;</li> </ul>
Удовлетворительно (пороговый уровень)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• как оформлять техническую документацию, действующие стандарты;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• осуществлять сбор исходных данных для расчета и проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• навыками представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций ;</li> </ul>

## 2.2 Компетенция ПК-7

ПК-7: готовностью осуществлять контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	действующие стандарты, технические условия, положения и инструкции по эксплуатации оборудования, программного обеспечения и оформлению технической документации; правила эксплуатации измерительных приборов и технологического оборудования	выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники; организовывать метрологическое обеспечение производства материалов и изделий электронной техники	навыками расчета и проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием
Виды занятий	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Интерактивные практические занятия;</li> <li>• Интерактивные лабораторные занятия;</li> <li>• Интерактивные лекции;</li> <li>• Практические занятия;</li> <li>• Лабораторные занятия;</li> <li>• Лекции;</li> <li>• Самостоятельная работа;</li> <li>• Подготовка и сдача экзамена / зачета;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Интерактивные практические занятия;</li> <li>• Интерактивные лабораторные занятия;</li> <li>• Интерактивные лекции;</li> <li>• Практические занятия;</li> <li>• Лабораторные занятия;</li> <li>• Лекции;</li> <li>• Самостоятельная работа;</li> <li>• Подготовка и сдача экзамена / зачета;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Интерактивные практические занятия;</li> <li>• Интерактивные лабораторные занятия;</li> <li>• Лабораторные занятия;</li> <li>• Самостоятельная работа;</li> </ul>
Используемые средства оценивания	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Отчет по лабораторной работе;</li> <li>• Опрос на занятиях;</li> <li>• Экзамен;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Отчет по лабораторной работе;</li> <li>• Опрос на занятиях;</li> <li>• Экзамен;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Отчет по лабораторной работе;</li> <li>• Экзамен;</li> </ul>

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 6.

Таблица 6 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	• действующие стандарты, технические условия, положения и инструкции по эксплуатации	• выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий	• навыками расчета и проектирования электронных приборов, схем и устройств различного

	оборудования, программного обеспечения и оформлению технической документации; правила эксплуатации измерительных приборов и технологического оборудования;	электронной техники; организовывать метрологическое обеспечение производства материалов и изделий электронной техники;	функционального назначения в соответствии с техническим заданием;
Хорошо (базовый уровень)	<ul style="list-style-type: none"> <li>действующие стандарты, технические условия, положения и инструкции по эксплуатации оборудования, программного обеспечения и оформлению технической документации;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>навыками расчета электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием;</li> </ul>
Удовлетворительно (пороговый уровень)	<ul style="list-style-type: none"> <li>правила эксплуатации измерительных приборов и технологического оборудования;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>организовывать метрологическое обеспечение производства материалов и изделий электронной техники;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>навыками расчета схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием;</li> </ul>

### 2.3 Компетенция ОПК-1

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

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	физические явления и законы физики, границы их применимости, применение законов в важнейших практических приложениях; основные физические величины, их определение, смысл, способы и единицы их измерения; фундаментальные физические опыты и их роль в развитии науки;	использовать различные методики физических измерений и обработки экспериментальных данных; проводить адекватное физическое и математическое моделирование, а также применять методы физико-математического анализа к решению конкретных естественнонаучных и технических проблем	навыками практического применения законов физики; навыками работы с приборами и оборудованием современной физической лаборатории; навыками категоризации и оценки различных физических факторов, определяющих тот или иной технологический или природный процесс

	назначение и принципы действия важнейших физических приборов		
Виды занятий	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Интерактивные практические занятия;</li> <li>• Интерактивные лабораторные занятия;</li> <li>• Интерактивные лекции;</li> <li>• Практические занятия;</li> <li>• Лабораторные занятия;</li> <li>• Лекции;</li> <li>• Самостоятельная работа;</li> <li>• Подготовка и сдача экзамена / зачета;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Интерактивные практические занятия;</li> <li>• Интерактивные лабораторные занятия;</li> <li>• Интерактивные лекции;</li> <li>• Практические занятия;</li> <li>• Лабораторные занятия;</li> <li>• Лекции;</li> <li>• Самостоятельная работа;</li> <li>• Подготовка и сдача экзамена / зачета;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Интерактивные практические занятия;</li> <li>• Интерактивные лабораторные занятия;</li> <li>• Лабораторные занятия;</li> <li>• Самостоятельная работа;</li> </ul>
Используемые средства оценивания	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Опрос на занятиях;</li> <li>• Выступление (доклад) на занятии;</li> <li>• Экзамен;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Опрос на занятиях;</li> <li>• Выступление (доклад) на занятии;</li> <li>• Экзамен;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Выступление (доклад) на занятии;</li> <li>• Экзамен;</li> </ul>

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 8.

Таблица 8 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• физические явления и законы физики, границы их применимости, применение законов в важнейших практических приложениях; основные физические величины, их определение, смысл, способы и единицы их измерения;</li> <li>• фундаментальные физические опыты и их роль в развитии науки;</li> <li>• назначение и принципы действия важнейших физических приборов;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• использовать различные методики физических измерений и обработки экспериментальных данных; проводить адекватное физическое и математическое моделирование, а также применять методы физико-математического анализа к решению конкретных естественнонаучных и технических проблем;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• навыками практического применения законов физики; навыками работы с приборами и оборудованием современной физической лаборатории; навыками категоризации и оценки различных физических факторов, определяющих тот или иной технологический или природный процесс ;</li> </ul>
Хорошо (базовый уровень)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• физические явления и законы физики, границы их применимости, применение законов в важнейших практических</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• использовать различные методики физических измерений и обработки экспериментальных данных; проводить адекватное физическое</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• навыками практического применения законов физики; навыками работы с приборами и оборудованием современной</li> </ul>

	приложениях; основные физические величины, их определение, смысл, способы и единицы их измерения;	и математическое моделирование;	физической лаборатории;
Удовлетворительный (пороговый уровень)	<ul style="list-style-type: none"> <li>физические явления и законы физики, границы их применимости, применение законов в важнейших практических приложениях;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>использовать различные методики физических измерений и обработки экспериментальных данных;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>навыками практического применения законов физики;</li> </ul>

#### 2.4 Компетенция ПК-1

ПК-1: способностью строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	основные физические принципы преобразования энергий, лежащие в основе установок микроволновой электроники; методы математического описания физических явлений и процессов в установках микроволновой электроники; основные характеристики и параметры микроволновых приборов и особенности настройки схем, их использующих; принципы работы устройств, использующих активные микроволновые приборы; принципы работы программных средств компьютерного моделирования, позволяющих моделировать	использовать методы и средства анализа процессов в микроволновых приборах; обосновывать применение микроволновых приборов в практической деятельности; разрабатывать и настраивать схемы установок для проведения экспериментальных исследований; моделировать микроволновые приборы в программных средствах компьютерного моделирования.	навыками выбора из множества микроволновых приборов единственного необходимого для экспериментальной установки; навыками обработки и оценки экспериментальных результатов; умением разрабатывать технические требования для использования микроволновых приборов в практике; знаниями параметров и характеристик, режимов работы микроволновых приборов; программными средствами компьютерного моделирования микроволновых приборов.

	микроволновые приборы и принципы их работы.		
Виды занятий	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Интерактивные практические занятия;</li> <li>• Интерактивные лабораторные занятия;</li> <li>• Интерактивные лекции;</li> <li>• Практические занятия;</li> <li>• Лабораторные занятия;</li> <li>• Лекции;</li> <li>• Самостоятельная работа;</li> <li>• Подготовка и сдача экзамена / зачета;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Интерактивные практические занятия;</li> <li>• Интерактивные лабораторные занятия;</li> <li>• Интерактивные лекции;</li> <li>• Практические занятия;</li> <li>• Лабораторные занятия;</li> <li>• Лекции;</li> <li>• Самостоятельная работа;</li> <li>• Подготовка и сдача экзамена / зачета;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Интерактивные практические занятия;</li> <li>• Интерактивные лабораторные занятия;</li> <li>• Лабораторные занятия;</li> <li>• Самостоятельная работа;</li> </ul>
Используемые средства оценивания	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Контрольная работа;</li> <li>• Опрос на занятиях;</li> <li>• Выступление (доклад) на занятии;</li> <li>• Экзамен;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Контрольная работа;</li> <li>• Опрос на занятиях;</li> <li>• Выступление (доклад) на занятии;</li> <li>• Экзамен;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Выступление (доклад) на занятии;</li> <li>• Экзамен;</li> </ul>

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 10.

Таблица 10 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Студент должен обладать сформированными системными знаниями об основных физических принципах преобразования энергий, лежащих в основе установок микроволновой электроники; Знать методы математического описания физических явлений и процессов в установках микроволновой электроники; Знать основные характеристики и параметры микроволновых приборов и особенности настройки схем; Принципы работы</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Студент должен уметь: Использовать методы и средства анализа процессов в микроволновых приборах; Обосновывать применение микроволновых приборов в практической деятельности; Разрабатывать и настраивать схемы установок для проведения экспериментальных исследований; Моделировать микроволновые приборы в программных средствах компьютерного моделирования;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Студент должен владеть: Навыками выбора из множества микроволновых приборов единственного необходимого для экспериментальной установки; Навыками обработки и оценки экспериментальных результатов; Умением разрабатывать технические требования для использования микроволновых приборов в практике; Знаниями параметров и характеристик, режимов работы микроволновых приборов; Навыками грамотного применения физических и математических</li> </ul>

	программных средств компьютерного моделирования, позволяющих моделировать микроволновые приборы и принципы их работы;		моделей и различными программными средствами компьютерного моделирования приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения;
Хорошо (базовый уровень)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Знает факты, принципы работы устройств и процессы, происходящие в них, общие понятия в области микроволновой электроники; Знает простейшие физические и математические модели и стандартные программные средства компьютерного моделирования;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Студент обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области практического использования микроволновых приборов; Умеет использовать любые физические и математические модели и любые программные средства компьютерного моделирования;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Студент берет ответственность за решение определенных задач в процессе исследования, приспособливает свое поведение к обстоятельствам и справляется с трудностями; Владеет программными средствами компьютерного моделирования микроволновых приборов;</li> </ul>
Удовлетворительно (пороговый уровень)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Обладает базовыми общими знаниями;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Работает при прямом наблюдении;</li> </ul>

### 2.5 Компетенция ПК-3

ПК-3: готовностью анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	основные государственные стандарты, правила оформления документации; основные компьютерные программы	анализировать, систематизировать результаты исследований; представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций	основными компьютерными программами и приложениями к программам, графическими редакторами; способностью аргументировано защищать и обосновывать



			полученные результаты исследований
Виды занятий	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Интерактивные практические занятия;</li> <li>• Интерактивные лабораторные занятия;</li> <li>• Интерактивные лекции;</li> <li>• Практические занятия;</li> <li>• Лабораторные занятия;</li> <li>• Лекции;</li> <li>• Самостоятельная работа;</li> <li>• Подготовка и сдача экзамена / зачета;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Интерактивные практические занятия;</li> <li>• Интерактивные лабораторные занятия;</li> <li>• Интерактивные лекции;</li> <li>• Практические занятия;</li> <li>• Лабораторные занятия;</li> <li>• Лекции;</li> <li>• Самостоятельная работа;</li> <li>• Подготовка и сдача экзамена / зачета;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Интерактивные практические занятия;</li> <li>• Интерактивные лабораторные занятия;</li> <li>• Лабораторные занятия;</li> <li>• Самостоятельная работа;</li> </ul>
Используемые средства оценивания	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Опрос на занятиях;</li> <li>• Выступление (доклад) на занятии;</li> <li>• Экзамен;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Опрос на занятиях;</li> <li>• Выступление (доклад) на занятии;</li> <li>• Экзамен;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Выступление (доклад) на занятии;</li> <li>• Экзамен;</li> </ul>

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 12.

Таблица 12 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Знает основные государственные стандарты, правила оформления документации, основные компьютерные программы;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Умеет анализировать, систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Владеет основными компьютерными программами и приложениями к программам, графическими редакторами; способностью критического осмысления результатов собственных исследований;</li> </ul>
Хорошо (базовый уровень)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Знает правила оформления документации, основные компьютерные программы;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Умеет систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Владеет основными компьютерными программами; способностью критического осмысления результатов собственных исследований;</li> </ul>
Удовлетворительно (пороговый уровень)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Знает основные компьютерные программы;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Умеет представлять материалы в виде научных отчетов,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Владеет основными компьютерными программами;</li> </ul>

		публикаций, презентаций;	
--	--	-----------------------------	--

## 2.6 Компетенция ПК-5

ПК-5: готовностью выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	принципы использования физических эффектов в вакууме, плазме и в твердом теле в приборах и устройствах вакуумной, плазменной, твердотельной, микроволновой и оптической электроники; их конструкции, параметры и характеристики и методы их моделирования	объяснять связь характеристик и параметров приборов с основными физическими процессами, протекающими в них; экспериментально определять основные характеристики и параметры различных приборов	навыками самостоятельной работы на компьютере и компьютерного моделирования процессов для расчета основных характеристик и параметров приборов; навыками инструментальных измерений, используемых для исследования характеристик и параметров приборов в СВЧ диапазоне
Виды занятий	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Интерактивные практические занятия;</li> <li>• Интерактивные лабораторные занятия;</li> <li>• Интерактивные лекции;</li> <li>• Практические занятия;</li> <li>• Лабораторные занятия;</li> <li>• Лекции;</li> <li>• Самостоятельная работа;</li> <li>• Подготовка и сдача экзамена / зачета;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Интерактивные практические занятия;</li> <li>• Интерактивные лабораторные занятия;</li> <li>• Интерактивные лекции;</li> <li>• Практические занятия;</li> <li>• Лабораторные занятия;</li> <li>• Лекции;</li> <li>• Самостоятельная работа;</li> <li>• Подготовка и сдача экзамена / зачета;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Интерактивные практические занятия;</li> <li>• Интерактивные лабораторные занятия;</li> <li>• Лабораторные занятия;</li> <li>• Самостоятельная работа;</li> </ul>
Используемые средства оценивания	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Контрольная работа;</li> <li>• Отчет по лабораторной работе;</li> <li>• Опрос на занятиях;</li> <li>• Экзамен;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Контрольная работа;</li> <li>• Отчет по лабораторной работе;</li> <li>• Опрос на занятиях;</li> <li>• Экзамен;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Отчет по лабораторной работе;</li> <li>• Экзамен;</li> </ul>

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 14.

Таблица 14 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
--------	-------	-------	---------

Отлично (высокий уровень)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• принципы использования физических эффектов в вакууме, плазме и в твердом теле в приборах и устройствах вакуумной, плазменной, твердотельной, микроволновой и оптической электроники; их конструкции, параметры и характеристики и методы их моделирования;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• объяснять связь характеристик и параметров приборов с основными физическими процессами, протекающими в них; экспериментально определять основные характеристики и параметры различных приборов;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• навыками самостоятельной работы на компьютере и компьютерного моделирования процессов для расчета основных характеристик и параметров приборов; навыками инструментальных измерений, используемых для исследования характеристик и параметров приборов в СВЧ диапазоне;</li> </ul>
Хорошо (базовый уровень)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• принципы использования физических эффектов в вакууме, плазме и в твердом теле в приборах и устройствах вакуумной, плазменной, твердотельной, микроволновой и оптической электроники;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• объяснять связь характеристик и параметров приборов с основными физическими процессами, протекающими в них;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• навыками инструментальных измерений, используемых для исследования характеристик и параметров приборов в СВЧ диапазоне;</li> </ul>
Удовлетворительно (пороговый уровень)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• конструкции микроволновых приборов, параметры и характеристики и методы их моделирования;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• экспериментально определять основные характеристики и параметры различных приборов;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• навыками самостоятельной работы на компьютере и компьютерного моделирования параметров СВЧ приборов;</li> </ul>

### 3 Типовые контрольные задания

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, в следующем составе.

#### 3.1 Темы опросов на занятиях

- Определение диапазона сверхвысоких частот. Свойства и особенности электромагнитных колебаний диапазона СВЧ.
- Классификация приборов СВЧ. Характеристики и параметры приборов СВЧ.
- Особенности работы и конструкции электронных ламп со статическим управлением электронным потоком в диапазоне СВЧ. Влияние инерционных свойств электронного потока на работу электронных ламп.
- Особенности электронных приборов СВЧ с динамическим управлением электронным потоком. Общий принцип действия электровакуумных приборов СВЧ О-типа.
- Узкополосные колебательные системы электровакуумных приборов СВЧ.

### **3.2 Темы докладов**

- Платинотроны (амплитрон, стабилотрон). Устройство, принцип действия, параметры. Области применения.
- Конструкция ЛБВ типа "М", принцип действия. Основные характеристики: коэффициент усиления, амплитудная характеристика, электронный КПД, полоса рабочих частот, коэффициент шума. Области применения.
- Особенность конструкции и принцип действия ЛОВ типа "М". Характеристики и параметры: выходная мощность, электронный КПД, электронная перестройка частоты. Области применения.
- Особенности смесительных и детекторных диодов СВЧ. ВАХ, эквивалентная схема, параметры смесительных и детекторных диодов.
- Лавинно-пролетный диод (ЛПД). Структура диода, физические процессы, статический и динамический режимы работы.

### **3.3 Экзаменационные вопросы**

- Замедляющие системы электровакуумных приборов СВЧ. Понятие о пространственных гармониках. Дисперсия ЗС, виды дисперсии
- Конструкция и принцип действия двухрезонаторного пролетного клистрона, пространственно-временная диаграмма работы
- Конструкция, принцип действия, пространственно-временная диаграмма и параметры отражательного клистрона. Области применения отражательных клистронов
- Устройство и принцип действия лампы бегущей волны типа "О"
- Лампа обратной волны О-типа, устройство и принцип действия
- Конструкция, принцип действия, амплитудное и фазовое условия самовозбуждения многорезонаторного магнетрона. Парабола критического режима
- Автогенераторы на диодах Ганна. Конструкции, эквивалентная схема. Режимы работы. Параметры генераторов, области применения

### **3.4 Темы контрольных работ**

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

### **3.5 Темы лабораторных работ**

- Исследование магнетрона
- Исследование отражательного клистрона
- Исследование усилительной ЛБВ типа О
- Исследования генератора на диоде Ганна

## **4 Методические материалы**

Для обеспечения процесса обучения и решения задач обучения используются следующие материалы:

- методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, согласно п. 12 рабочей программы.

### **4.1. Основная литература**

1. Приборы и устройства СВЧ, КВЧ и ГВЧ диапазонов: Учебное пособие / Соколова Ж. М. - 2012. 283 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/634>, свободный.
2. Приборы и устройства оптического и СВЧ диапазонов: Учебное пособие / Куц Г. Г., Соколова Ж. М., Шангина Л. И. - 2012. 414 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/716>, свободный.

#### **4.2. Дополнительная литература**

1. Микроволновые устройства телекоммуникационных систем. Т.1, 2: Устройства приемного и передающего трактов. Проектирование устройств и реализация систем / М.З. Згуровский, М.Е. Ильченко, С.М. Кравчук. – Киев: Політехніка, 2003. – Т. 1. – 456 с.; Т. 2. – 616 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 1 экз.)
2. 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.)
3. Григорьев А.Д. Электродинамика и микроволновая техника: [Электронный ресурс]: Учебник для вузов. – СПб.: Издательство «Лань», 2007. – 704 с. [Электронный ресурс]. - <http://e.lanbook.com/view/book/118>

#### **4.3. Обязательные учебно-методические пособия**

1. Основы СВЧ электроники: Сборник задач, вопросов и упражнений (учебно-методическое пособие по практическим занятиям) / Соколова Ж. М. - 2013. 124 с. [Электронный ресурс]. - <https://edu.tusur.ru/publications/3713>
2. Исследование отражательного клистрона: Руководство к лабораторной работе / Падусова Е. В., Соколова Ж. М. - 2011. 20 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/104>, свободный.
3. Исследование усилительной лампы бегущей волны: Руководство к лабораторной работе / Соколова Ж. М., Никифоров А. Н. - 2011. 27 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/108>, свободный.
4. Исследование СВЧ генератора на диоде Ганна: Руководство к лабораторной работе / Соколова Ж. М., Никифоров А. Н. - 2011. 23 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/110>, свободный.
5. Исследование многорезонаторного магнетрона: Руководство к лабораторной работе / Падусова Е. В., Соколова Ж. М. - 2011. 17 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/109>, свободный.
6. Микроволновые приборы и устройства: учебно-методическое пособие по организации самостоятельной работы студентов / Соколова Ж. М. - 2010. 97 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/16>, свободный.

#### **4.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы**

1. При обучении используются базы данных периодических изданий и ресурсы Интернета, такие как: Википедия, Google и Yandex.