**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.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

# Микроволновая электроника

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: **7**
Учебный план набора 2014 года

Распределение рабочего времени

| № | Виды учебной деятельности | 7 семестр | Всего | Единицы |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Лекции | 14 | 14 | часов |
| 2 | Практические занятия | 10 | 10 | часов |
| 3 | Лабораторные занятия | 12 | 12 | часов |
| 4 | Всего аудиторных занятий | 36 | 36 | часов |
| 5 | Из них в интерактивной форме | 28 | 28 | часов |
| 6 | Самостоятельная работа | 36 | 36 | часов |
| 7 | Всего (без экзамена) | 72 | 72 | часов |
| 8 | Подготовка и сдача экзамена | 36 | 36 | часов |
| 9 | Общая трудоемкость | 108 | 108 | часов |
| | | 3.0 | 3.0 | З.Е |

Экзамен: 7 семестр

Томск 2017

Согласована на портале № 9881

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 51 от « 1 » 7 2016 г.

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. ЭП _____ Башкиров А. И.

Заведующий обеспечивающей каф. ЭП _____ Шандаров С. М.

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:

профессор кафедра ЭП _____ Орликов Л. Н.

Согласована на портале № 9881

## 1. Цели и задачи дисциплины

### 1.1. Цели дисциплины

Цели изучения дисциплины состоят в подготовке к разработке, исследованию и эксплуатации при-боров и устройств микроволновой электроники на основе изучения базовых физических принципов функционирования основных элементов микроволновой электроники.

### 1.2. Задачи дисциплины

– Задачи изучения дисциплины заключаются в освоении студентами современных подходов и методов, используемых для анализа, описания и расчета электромагнитных полей в микроволновых направляющих и колебательных системах, проектирования микроволновых устройств.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Микроволновая электроника» (Б1.Б.13.2) относится к блоку 1 (базовая часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются следующие дисциплины: Материалы электронной техники, Методы математической физики, Твердотельные приборы и устройства, Физика.

Последующими дисциплинами являются: Микроволновые приборы и устройства.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– 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-2 способностью аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения;

В результате изучения дисциплины студент должен:

– **знать** принципы использования физических эффектов в вакууме, плазме и в твердом теле в приборах и устройствах микроволновой электроники; особенности конструкции, параметры, характеристики и методы моделирования приборов микроволновой электроники

– **уметь** применять методы расчета параметров и характеристик приборов микроволновой электроники; применять методы моделирования и проектирования приборов и устройств микроволновой электроники; анализировать информацию о новых типах микроволновых приборов

– **владеть** методами экспериментальных исследований параметров и характеристик материалов, приборов и устройств микроволновой электроники; современными программными средствами моделирования и проектирования приборов микроволновой электроники; методикой расчета основных узлов приборов микроволновой электроники

## 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 |
|---|---|---|
| | | 7 семестр |
| Аудиторные занятия (всего) | 36 | 36 |
| Лекции | 14 | 14 |
| Практические занятия | 10 | 10 |
| Лабораторные занятия | 12 | 12 |

Согласована на портале № 9881

| | | |
|---|---|---|
| Из них в интерактивной форме | 28 | 28 |
| Самостоятельная работа (всего) | 36 | 36 |
| Подготовка к контрольным работам | 8 | 8 |
| Оформление отчетов по лабораторным работам | 12 | 12 |
| Проработка лекционного материала | 6 | 6 |
| Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 10 | 10 |
| Всего (без экзамена) | 72 | 72 |
| Подготовка и сдача экзамена | 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 | Направленные электромагнитные волны | 3 | 4 | 0 | 10 | 17 | ПК-1 |
| 2 | Микроволновые направляющие системы | 3 | 4 | 8 | 17 | 32 | ПК-1, ПК-2 |
| 3 | Микроволновые колебательные системы | 2 | 0 | 4 | 5 | 11 | ПК-1, ПК-2 |
| 4 | Интегральные параметры регулярной и направляющей системы | 2 | 2 | 0 | 2 | 6 | ПК-1 |
| 5 | Методы анализа микроволновых устройств | 2 | 0 | 0 | 1 | 3 | ПК-1 |
| 6 | Микроволновые устройства | 2 | 0 | 0 | 1 | 3 | ПК-1 |
| | Итого | 14 | 10 | 12 | 36 | 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 |
|---|---|---|---|
| 7 семестр | | | |

Согласована на портале № 9881

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 Направленные электромагнитные волны | Плоские электромагнитные волны в неограниченных, непоглощающих, поглощающих, анизотропных средах и на границе раздела сред. Общие свойства направленных электромагнитных волн. Типы волн: электрические (Е – волны), магнитные (Н – волны), Т - волны. Волновое уравнение и его решение для произвольной направляющей системы. Фазовая, групповая скорости, дисперсия, явление отсечки электромагнитных волн. | 3 | ПК-1 |
| | Итого | 3 | |
| 2 Микроволновые направляющие системы | Основные типы направляющих систем. Решение волнового уравнения для волн типа Н- и Е- в прямоугольном волноводе. Диаграмма критических длин волн. Структура полей и токов. Круглый волновод. Возбуждение электромагнитных волн в направляющих системах. Основные типы замедляющих систем. | 3 | ПК-1 |
| | Итого | 3 | |
| 3 Микроволновые колебательные системы | Принцип действия объемных резонаторов. Общие свойства и параметры свободных колебаний в резонаторах. Учет потерь. Добротность резонаторов. Электромагнитное поле в прямоугольном резонаторе. Другие типы полых резонаторов. Диэлектрические резонаторы. | 2 | ПК-1 |
| | Итого | 2 | |
| 4 Интегральные параметры регулярной и направляющей системы | Эквивалентные параметры линии передачи. Коэффициент отражения, коэффициент стоячей волны, бегущей волны, входное со-противление линии передачи, сопротивление нагрузки. Круговая диаграмма полных сопротивлений. Основные режимы работы линии передачи. КПД и согласование линии передачи с нагрузкой. Физический смысл согласования. Общие принципы согласования нагрузки с линией передачи. | 2 | ПК-1 |
| | Итого | 2 | |
| 5 Методы анализа микроволновых устройств | Постановка задачи и основные этапы ее решения. Матричный анализ микроволновых многополюсников. Волновые матрицы рассеяния, | 2 | ПК-1 |

Согласована на портале № 9881

| | | | |
|---|---|---|---|
| | сопротивления, проводимости, передачи. Зависимость элементов матрицы рассеяния от положения плоскостей отсчета фаз. Основные свойства многополюсников и их матриц. | | |
| | Итого | 2 | |
| 6 Микроволновые устройства | Согласованные нагрузки, аттенюаторы. Микроволновые фильтры, устройства широкополосного согласования. Волноводные тройники. Направленные ответвители. Принципы действия, конструкции, характеристики, методы анализа, проектирование. Ферритовые микроволновые устройства. Фазовращатели, вентили, циркуляторы. | 2 | ПК-1 |
| | Итого | 2 | |
| Итого за семестр | | 14 | |

**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 | 6 |
| Предшествующие дисциплины | | | | | | | |
| 1 | Материалы электронной техники | | | | | | + |
| 2 | Методы математической физики | | + | | | | |
| 3 | Твердотельные приборы и устройства | | | | | | + |
| 4 | Физика | + | + | + | | | |
| Последующие дисциплины | | | | | | | |
| 1 | Микроволновые приборы и устройства | | | + | + | + | + |

**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

| | Виды занятий | Формы контроля |
|---|---|---|

Согласована на портале № 9881

| Компетенции | Лекции | Практические занятия | Лабораторные занятия | Самостоятельная работа | |
|---|---|---|---|---|---|
| ПК-1 | + | + | | + | Контрольная работа, Опрос на занятиях |
| ПК-2 | | | + | + | Отчет по лабораторной работе |

## 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 |
|---|---|---|---|---|
| 7 семестр | | | | |
| Презентации с использованием слайдов с обсуждением | | | 8 | 8 |
| Работа в команде | | 10 | | 10 |
| Мозговой штурм | 6 | | | 6 |
| Выступление студента в роли обучающего | 2 | | 2 | 4 |
| Итого за семестр: | 8 | 10 | 10 | 28 |
| Итого | 8 | 10 | 10 | 28 |

## 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 |
|---|---|---|---|
| 7 семестр | | | |
| 2 Микроволновые направляющие системы | Исследование электромагнитного поля в прямоугольном волноводе | 4 | ПК-2 |
| | Исследование электромагнитного поля в круглом волноводе | 4 | |
| | Итого | 8 | |
| 3 Микроволновые колебательные системы | Исследование объемных резонаторов | 4 | ПК-2 |
| | Итого | 4 | |

Согласована на портале № 9881

| | | | |
|---|---|---|---|
| Итого за семестр | | 12 | |

## 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 |
|---|---|---|---|
| 7 семестр | | | |
| 1 Направленные электромагнитные волны | Плоские электромагнитные волны в неограниченных, непоглощающих, поглощающих средах. Направленные элек-тромагнитные волны | 4 | ПК-1 |
| | Итого | 4 | |
| 2 Микроволновые направляющие системы | Электромагнитные поля в направляющих системах | 4 | ПК-1 |
| | Итого | 4 | |
| 4 Интегральные параметры регулярной и направляющей системы | Согласование линии передачи с нагрузкой. Применение круговой диаграммы сопротивлений | 2 | ПК-1 |
| | Итого | 2 | |
| Итого за семестр | | 10 | |

## 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 |
|---|---|---|---|---|
| 7 семестр | | | | |
| 1 Направленные электромагнитные волны | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 4 | ПК-1 | Контрольная работа |
| | Проработка лекционного материала | 2 | | |
| | Подготовка к контрольным работам | 4 | | |
| | Итого | 10 | | |
| 2 Микроволновые направляющие системы | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 4 | ПК-1, ПК-2 | Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе |
| | Проработка лекционного | 1 | | |

Согласована на портале № 9881

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | материала | | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 4 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 4 | | |
| | Подготовка к контрольным работам | 4 | | |
| | Итого | 17 | | |
| 3 Микроволновые колебательные системы | Проработка лекционного материала | 1 | ПК-1, ПК-2 | Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 4 | | |
| | Итого | 5 | | |
| 4 Интегральные параметры регулярной и направляющей системы | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2 | ПК-1 | Опрос на занятиях |
| | Проработка лекционного материала | 0 | | |
| | Итого | 2 | | |
| 5 Методы анализа микроволновых устройств | Проработка лекционного материала | 1 | ПК-1 | Опрос на занятиях |
| | Итого | 1 | | |
| 6 Микроволновые устройства | Проработка лекционного материала | 1 | ПК-1 | Опрос на занятиях |
| | Итого | 1 | | |
| Итого за семестр | | 36 | | |
| | Подготовка к экзамену | 36 | | Экзамен |
| Итого | | 72 | | |

## 10. Курсовая работа

Не предусмотрено РУП

## 11. Рейтинговая система для оценки успеваемости студентов

### 11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Бальные 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 |
|---|---|---|---|---|
| 7 семестр | | | | |
| Контрольная работа | 14 | 14 | | 28 |
| Опрос на занятиях | 6 | 6 | 6 | 18 |
| Отчет по лабораторной работе | | 16 | 8 | 24 |
| Итого максимум за | 20 | 36 | 14 | 70 |

Согласована на портале № 9881

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| период | | | | |
| Экзамен | | | | 30 |
| Нарастающим итогом | 20 | 56 | 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. Электродинамика и распространение радиоволн : Учебник для вузов / Б. М. Петров. - 2-е изд., испр. . - М. : Горячая линия-Телеком, 2007. - 558[2] с (наличие в библиотеке ТУСУР - 100 экз.)

2. Электродинамика и распространение радиоволн [Текст] : учебное пособие / Л. А. Боков, В. А. Замотринский, А. Е. Мандель ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. - Томск : ТУСУР, 2013. - 410 с (наличие в библиотеке ТУСУР - 50 экз.)

3. Устройства СВЧ и антенны: Учебное пособие / Шангина Л. И., Замотринский В. А. - 2012. 223 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/712, свободный.

### 12.2. Дополнительная литература

1. Электродинамика и распространение радиоволн : Учебное пособие для вузов / В. В. Никольский, Т. И. Никольская. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Наука, 1989. - 543[1] с. : ил. - Библиогр.: с. 540-543. - ISBN 5-02-014033-3 (наличие в библиотеке ТУСУР - 35 экз.)

### 12.3. Учебно-методическое пособие и программное обеспечение

1. Исследование электромагнитного поля в прямоугольном волноводе: Методические указания к лабораторной работе для студентов направления 210100.62 – Электроника и наноэлектроника / Башкиров А. И. - 2014. 17 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа:

Согласована на портале № 9881

http://edu.tusur.ru/publications/3981, свободный.

2. Исследование электромагнитного поля в круглом волноводе: Методические указания к лабораторной работе для студентов направления 210100.62 – Электроника и наноэлектроника / Башкиров А. И. - 2014. 17 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/3982, свободный.

3. Исследование объемных резонаторов: Методические указания к лабораторной работе для студентов направления 210100.62 – Электроника и наноэлектроника / Башкиров А. И. - 2014. 16 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/3983, свободный.

4. Микроволновая электроника: Методические указания к практическим занятиям для студентов направления «210100.62 – Электроника и наноэлектроника» / Башкиров А. И. - 2014. 7 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/3980, свободный.

5. Электромагнитные поля и волны: Сборник задач и упражнений / Боков Л. А., Мандель А. Е., Шангина Л. И., Соколова Ж. М. - 2013. 271 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/3697, свободный.

6. Устройства СВЧ и антенны: Учебное методическое пособие / Шангина Л. И., Замотринский В. А. - 2012. 163 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/715, свободный.

7. Микроволновая электроника: Методические указания по самостоятельной работе для студентов направления 210100.62 – Электроника и наноэлектроника / Башкиров А. И. - 2014. 17 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/3979, свободный.

### 12.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы

1. 1. Научно-образовательный портал ТУСУР

## 13. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Компьютерный класс, оборудованный компьютерами класса Pentium II и выше, включенный в сеть Internet

## 14. Фонд оценочных средств

Фонд оценочных средств приведен в приложении 1.

## 15. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

Без рекомендаций.

Согласована на портале № 9881

**Приложение 1**

**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

# Микроволновая электроника

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: **7**

Учебный план набора 2014 года

Разработчики:

- доцент каф. ЭП Башкиров А. И.

Экзамен: 7 семестр

Томск 2017

Согласована на портале № 9881

## 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-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 | Должен знать принципы использования физических эффектов в вакууме, плазме и в твердом теле в приборах и устройствах микроволновой электроники; особенности конструкции, параметры, характеристики и методы моделирования приборов микроволновой электроники ; Должен уметь применять методы расчета параметров и характеристик приборов микроволновой электроники; применять методы моделирования и проектирования приборов и устройств микроволновой электроники; анализировать информацию о новых типах микроволновых приборов ; Должен владеть методами экспериментальных исследований параметров и характеристик материалов, приборов и устройств микроволновой электроники; современными программными средствами моделирования и проектирования приборов микроволновой электроники; методикой расчета основных узлов приборов микроволновой электроники ; |
| ПК-2 | способностью аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения | |

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 пониманием границ применимости | Обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития творческих решений, абстрагирования проблем | Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует действия работы |
| Хорошо (базовый уровень) | Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области | Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в | Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое |

Согласована на портале № 9881

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | области исследования | 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-1

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.

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 | принципы использования физических эффектов в вакууме, плазме и в твердом теле в приборах и устройствах микроволновой электроники; особенности конструкции, параметры, характеристики и методы моделирования приборов микроволновой электроники | применять методы расчета параметров и характеристик приборов микроволновой электроники; применять методы моделирования и проектирования приборов и устройств микроволновой электроники; анализировать информацию о новых типах микроволновых приборов | методами экспериментальных исследований параметров и характеристик материалов, приборов и устройств микроволновой электроники; современными программными средствами моделирования и проектирования приборов микроволновой электроники; методикой расчета основных узлов приборов микроволновой электроники |
| Виды занятий | • Интерактивные практические занятия;<br>• Интерактивные лабораторные занятия;<br>• Интерактивные лекции;<br>• Практические занятия;<br>• Лабораторные занятия;<br>• Лекции;<br>• Самостоятельная | • Интерактивные практические занятия;<br>• Интерактивные лабораторные занятия;<br>• Интерактивные лекции;<br>• Практические занятия;<br>• Лабораторные занятия;<br>• Лекции;<br>• Самостоятельная | • Интерактивные практические занятия;<br>• Интерактивные лабораторные занятия;<br>• Лабораторные занятия;<br>• Самостоятельная работа; |

Согласована на портале № 9881

| | | | |
|---|---|---|---|
| | работа;<br>• Подготовка к экзамену; | работа;<br>• Подготовка к экзамену; | |
| Используемые средства оценивания | • Контрольная работа;<br>• Опрос на занятиях;<br>• Экзамен; | • Контрольная работа;<br>• Опрос на занятиях;<br>• Экзамен; | • Экзамен; |

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) | • обладает фактическими и теоретическими знаниями принципов моделирования приборов микроволновой электроники в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости; | • обладает диапазоном практических умений применять методы моделирования и проектирования приборов и устройств микроволновой электроники, требуемых для развития творческих решений, абстрагирования проблем; | • контролирует работу, проводит оценку современных программных средств моделирования и проектирования приборов микроволновой электроники, совершенствует действия работы; |
| Хорошо (базовый уровень) | • знает факты, принципы, процессы, общие понятия методов моделирования приборов микроволновой электроники в пределах изучаемой области; | • обладает диапазоном практических умений применять методы моделирования и проектирования приборов и устройств микроволновой электроники, требуемых для решения определенных проблем в области исследования; | • берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем современных программных средств моделирования и проектирования приборов микроволновой электроники; |
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | • обладает базовыми общими знаниями методов моделирования приборов микроволновой электроники; | • обладает основными умениями применять методы моделирования и проектирования приборов и устройств микроволновой электроники, требуемыми для выполнения простых задач; | • применяет современные программные средства моделирования и проектирования приборов микроволновой электроники при прямом наблюдении; |

**2.2 Компетенция ПК-2**

ПК-2: способностью аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального

Согласована на портале № 9881

назначения.

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 | эффективные методики исследования физических эффектов в вакууме, плазме и в твердом теле в приборах и устройствах микроволновой электроники; особенности конструкций | аргументировано выбирать и реализовывать на практике методики расчета параметров и характеристик приборов микроволновой электроники; применять методы моделирования и проектирования приборов и устройств микроволновой электроники | методами экспериментальных исследований параметров и характеристик материалов, приборов и устройств микроволновой электроники; методикой расчета основных узлов приборов микроволновой электроники |
| Виды занятий | • Интерактивные практические занятия;<br>• Интерактивные лабораторные занятия;<br>• Интерактивные лекции;<br>• Практические занятия;<br>• Лабораторные занятия;<br>• Лекции;<br>• Самостоятельная работа;<br>• Подготовка к экзамену; | • Интерактивные практические занятия;<br>• Интерактивные лабораторные занятия;<br>• Интерактивные лекции;<br>• Практические занятия;<br>• Лабораторные занятия;<br>• Лекции;<br>• Самостоятельная работа;<br>• Подготовка к экзамену; | • Интерактивные практические занятия;<br>• Интерактивные лабораторные занятия;<br>• Лабораторные занятия;<br>• Самостоятельная работа; |
| Используемые средства оценивания | • Отчет по лабораторной работе;<br>• Экзамен; | • Отчет по лабораторной работе;<br>• Экзамен; | • Отчет по лабораторной работе;<br>• Экзамен; |

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) | • обладает фактическими и теоретическими знаниями принципов использования физических эффектов в вакууме, плазме и в твердом теле в приборах и устройствах микроволновой | • обладает диапазоном практических умений применять методы расчета параметров и характеристик приборов микроволновой электроники; анализировать информацию о новых | • контролирует работу, проводит оценку методов экспериментальных исследований параметров и характеристик материалов, приборов и устройств микроволновой |

Согласована на портале № 9881

| | | | |
|---|---|---|---|
| | электроники; особенностей конструкции, параметров, характеристик приборов микроволновой электроники в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости; | типах микроволновых приборов, требуемых для развития творческих решений, абстрагирования проблем; | электроники; методики расчета основных узлов приборов микроволновой электроники, совершенствует действия работы; |
| Хорошо (базовый уровень) | • знает факты, принципы, процессы, общие понятия принципов использования физических эффектов в вакууме, плазме и в твердом теле в приборах и устройствах микроволновой электроники; особенности конструкции, параметры, характеристики приборов микроволновой электроники в пределах изучаемой области; | • обладает диапазоном практических умений применять методы расчета параметров и характеристик приборов микроволновой электроники; анализировать информацию о новых типах микроволновых приборов, требуемых для решения определенных проблем в области исследования; | • берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем методов экспериментальных исследований параметров и характеристик материалов, приборов и устройств микроволновой электроники; методики расчета основных узлов приборов микроволновой электроники; |
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | • обладает базовыми общими знаниями принципов использования физических эффектов в вакууме, плазме и в твердом теле в приборах и устройствах микроволновой электроники; особенности конструкции, параметры, характеристики приборов микроволновой электроники; | • обладает основными умениями применять методы расчета параметров и характеристик приборов микроволновой электроники; анализировать информацию о новых типах микроволновых приборов, требуемыми для выполнения простых задач; | • применяет методы экспериментальных исследований параметров и характеристик материалов, приборов и устройств микроволновой электроники; методики расчета основных узлов приборов микроволновой электроники при прямом наблюдении; |

**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

Согласована на портале № 9881

образовательной программы, в следующем составе.

### 3.1 Темы опросов на занятиях

– Плоские электромагнитные волны в неограниченных, непоглощающих, поглощающих, анизотропных средах и на границе раздела сред. Общие свойства направленных электромагнитных волн. Типы волн: электрические (Е – волны), магнитные (Н – волны), Т - волны. Волновое уравнение и его решение для произвольной направляющей системы. Фазовая, групповая скорости, дисперсия, явление отсечки электромагнитных волн.

– Основные типы направляющих систем. Решение волнового уравнения для волн типа Н- и Е- в прямоугольном волноводе. Диаграмма критических длин волн. Структура полей и токов. Круглый волновод. Возбуждение электромагнитных волн в направляющих системах. Основные типы замедляющих систем.

– Принцип действия объемных резонаторов. Общие свойства и параметры свободных колебаний в резонаторах. Учет потерь. Добротность резонаторов. Электромагнитное поле в прямоугольном резонаторе. Другие типы полых резонаторов. Диэлектрические резонаторы.

– Эквивалентные параметры линии передачи. Коэффициент отражения, коэффициент стоячей волны, бегущей волны, входное со-противление линии передачи, сопротивление нагрузки. Круговая диаграмма полных сопротивлений. Основные режимы работы линии передачи. КПД и согласование линии передачи с нагрузкой. Физический смысл согласования. Общие принципы согласования нагрузки с линией передачи.

– Постановка задачи и основные этапы ее решения. Матричный анализ микроволновых многополюсников. Волновые матрицы рассеяния, сопротивления, проводимости, передачи. Зависимость элементов матрицы рассеяния от положения плоскостей отсчета фаз. Основные свойства многополюсников и их матриц.

– Согласованные нагрузки, аттенюаторы. Микроволновые фильтры, устройства широкополосного согласования. Волноводные тройники. Направленные ответвители. Принципы действия, конструкции, характеристики, методы анализа, проектирование. Ферритовые микроволновые устройства. Фазовращатели, вентили, циркуляторы.

### 3.2 Экзаменационные вопросы

– 1. Классификация направляемых волн, дисперсия направляемых волн 2. Критическая длина волны в волноводе для различных типов направляемых волн 3. Классификация направляемых волн и направляющих систем 4. Условия распространения электромагнитных волн в направляющих системах Критическая частота, критическая длина волны 5. Электрические волны (Е-волны) в прямоугольном металлическом волноводе 6. Магнитные волны (Н-волны) в прямоугольном металлическом волноводе 7. Типы волн в прямоугольном волноводе, их свойства 8. Распределение полей и токов в прямоугольном волноводе. Возбуждение волн в волноводах 9. Типы микроволновых резонаторов. Добротность резонатора 10. Типы волн в микроволновых резонаторах 11. Распределение электромагнитного поля в полых прямоугольных резонаторах 12. Коэффициент отражения, коэффициент стоячей волны, входное сопротивление линии передачи 13. Диаграмма полных сопротивлений, методика ее построения 14. Диаграмма полных сопротивлений, методика определения с ее помощью входного сопротивления линии передачи 15. Основные режимы работы линии передачи 16. Отображение основных режимов работы линии передачи на диаграмме полных сопротивлений 17. Устройства узкополосного согласования. Одношлейфные трансформаторы. 18. Согласованные нагрузки, аттенюаторы. 19. Устройства, узкополосного согласования. Двухшлейфные трансформаторы. 20. Частотно-селективные устройства. Микроволновые фильтры. 21. Амплитудно-частотная характеристика фильтров нижних частот (ФНЧ). 22. Амплитудно-частотная характеристика фильтров верхних частот (ФВЧ). 23. Устройства широкополосного согласования. 24. Волноводные тройники. Принцип действия, конструкция, характеристики. 25. Направленные ответвители. Принцип действия, конструкция, характеристики. 26. Делители. Принцип действия, конструкция, характеристики. 27. Магнитные свойства ферритовых материалов. 28. Фазовращатели. Принцип действия, конструкция, характеристики. 29. Вентили. Принцип действия, конструкция, характеристики. 30. Циркуляторы. Принцип действия, конструкция, характеристики

Согласована на портале № 9881

### 3.3 Темы контрольных работ

- 1. Направленные электромагнитные волны
- 2. Микроволновые направляющие системы

### 3.4 Темы лабораторных работ

- Исследование электромагнитного поля в прямоугольном волноводе
- Исследование электромагнитного поля в круглом волноводе
- Исследование объемных резонаторов

## 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 фор-мирования компетенций, согласно п. 12 рабочей программы.

### 4.1. Основная литература

1. Электродинамика и распространение радиоволн : Учебник для вузов / Б. М. Петров. - 2-е изд., испр. . - М. : Горячая линия-Телеком, 2007. - 558[2] с (наличие в библиотеке ТУСУР - 100 экз.)
2. Электродинамика и распространение радиоволн [Текст] : учебное пособие / Л. А. Боков, В. А. Замотринский, А. Е. Мандель ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. - Томск : ТУСУР, 2013. - 410 с (наличие в библиотеке ТУСУР - 50 экз.)
3. Устройства СВЧ и антенны: Учебное пособие / Шангина Л. И., Замотринский В. А. - 2012. 223 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/712, свободный.

### 4.2. Дополнительная литература

1. Электродинамика и распространение радиоволн : Учебное пособие для вузов / В. В. Никольский, Т. И. Никольская. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Наука, 1989. - 543[1] с. : ил. - Библиогр.: с. 540-543. - ISBN 5-02-014033-3 (наличие в библиотеке ТУСУР - 35 экз.)

### 4.3. Учебно-методическое пособие и программное обеспечение

1. Исследование электромагнитного поля в прямоугольном волноводе: Методические указания к лабораторной работе для студентов направления 210100.62 – Электроника и наноэлектроника / Башкиров А. И. - 2014. 17 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/3981, свободный.
2. Исследование электромагнитного поля в круглом волноводе: Методические указания к лабораторной работе для студентов направления 210100.62 – Электроника и наноэлектроника / Башкиров А. И. - 2014. 17 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/3982, свободный.
3. Исследование объемных резонаторов: Методические указания к лабораторной работе для студентов направления 210100.62 – Электроника и наноэлектроника / Башкиров А. И. - 2014. 16 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/3983, свободный.
4. Микроволновая электроника: Методические указания к практическим занятиям для студентов направления «210100.62 – Электроника и наноэлектроника» / Башкиров А. И. - 2014. 7 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/3980, свободный.
5. Электромагнитные поля и волны: Сборник задач и упражнений / Боков Л. А., Мандель А. Е., Шангина Л. И., Соколова Ж. М. - 2013. 271 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/3697, свободный.
6. Устройства СВЧ и антенны: Учебное методическое пособие / Шангина Л. И., Замотринский В. А. - 2012. 163 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/715, свободный.
7. Микроволновая электроника: Методические указания по самостоятельной работе для студентов направления 210100.62 – Электроника и наноэлектроника / Башкиров А. И. - 2014. 17 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/3979, свободный.

Согласована на портале № 9881

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

1. 1. Научно-образовательный портал ТУСУР