**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

# 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 2013 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 | 40 | 40 | часов |
| 6 | Самостоятельная работа | 58 | 58 | часов |
| 7 | Всего (без экзамена) | 108 | 108 | часов |
| 8 | Подготовка и сдача экзамена / зачета | 36 | 36 | часов |
| 9 | Общая трудоемкость | 144 | 144 | часов |
| | | 4.0 | 4.0 | З.Е |

Экзамен: 8 семестр

Томск 2017

Согласована на портале № 11047

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 5 от «22» 12 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. 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.

Согласована на портале № 11047

## 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:

– 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;

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 4.0 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 |

Согласована на портале № 11047

| | | |
|---|---|---|
| Практические занятия | 14 | 14 |
| Лабораторные занятия | 16 | 16 |
| Из них в интерактивной форме | 40 | 40 |
| Самостоятельная работа (всего) | 58 | 58 |
| Оформление отчетов по лабораторным работам | 16 | 16 |
| Проработка лекционного материала | 17 | 17 |
| Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 25 | 25 |
| Всего (без экзамена) | 108 | 108 |
| Подготовка и сдача экзамена / зачета | 36 | 36 |
| Общая трудоемкость час | 144 | 144 |
| Зачетные Единицы Трудоемкости | 4.0 | 4.0 |

## 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 | 9 | 19 | ПК-1, ПК-3 |
| 2 | Электродинамические системы в приборах СВЧ электроники | 4 | 4 | 0 | 13 | 21 | ПК-1, ПК-3 |
| 3 | Резонансные приборы в электронике | 3 | 2 | 8 | 13 | 26 | ПК-1, ПК-3 |
| 4 | Не резонансные приборы в электронике | 3 | 2 | 4 | 13 | 22 | ПК-1, ПК-3 |
| 5 | Приборы с квазистатическим управлением электронным потоком | 4 | 2 | 4 | 10 | 20 | ПК-1, ПК-3 |
| | Итого | 20 | 14 | 16 | 58 | 108 | |

### 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 |
|---|---|---|---|
| 8 семестр | | | |
| 1 Основы физических процессов в | Определение диапазона СВЧ, КВЧ, | 6 | ПК-1, ПК- |

Согласована на портале № 11047

| | | | |
|---|---|---|---|
| СВЧ приборах | 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. | | 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 | 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 | ПК-1 |
| | 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 | 3 | ПК-1 |

Согласована на портале № 11047

| | | | |
|---|---|---|---|
| | ЛБВМ и ЛОВМ. | | |
| | 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 | ПК-1 |
| | 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

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

Согласована на портале № 11047

| Компетенции | Лекции | Практические занятия | Лабораторные занятия | Самостоятельная работа | |
|---|---|---|---|---|---|
| ПК-1 | + | + | + | + | Контрольная работа, Защита отчета, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Выступление (доклад) на занятии |
| ПК-3 | + | | + | + | Защита отчета, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Выступление (доклад) на занятии |

## 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 | | 4 | 7 |
| Решение ситуационных задач | 2 | 3 | 4 | 9 |
| Выступление студента в роли обучающего | | | 4 | 4 |
| Работа в команде | 3 | 6 | 3 | 12 |
| Презентации с использованием раздаточных материалов с обсуждением | 2 | 3 | 3 | 8 |
| Итого за семестр: | 10 | 12 | 18 | 40 |
| Итого | 10 | 12 | 18 | 40 |

## 7. Лабораторный практикум

Содержание лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Согласована на портале № 11047

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-1, ПК-3 |
| | Исследование отражательного клистрона | 4 | |
| | Итого | 8 | |
| 4 Не резонансные приборы в электронике | Исследование усилительной ЛБВ типа О | 4 | ПК-1, ПК-3 |
| | Итого | 4 | |
| 5 Приборы с квазистатическим управлением электронным потоком | Исследования генератора на диоде Ганна | 4 | ПК-1, ПК-3 |
| | 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 |
|---|---|---|---|
| 8 семестр | | | |
| 1 Основы физических процессов в СВЧ приборах | Углы пролета, наведенные токи, проводимость приборов, эквивалентные схемы приборов. | 4 | ПК-1 |
| | Итого | 4 | |
| 2 Электродинамические системы в приборах СВЧ электроники | Резонаторы. Замедляющие системы. Выводы энергии на линии передачи (волноводы, коаксиальные линии, полосковые). | 4 | ПК-1 |
| | Итого | 4 | |
| 3 Резонансные приборы в электронике | Расчет выходных параметров клистронов и магнетронов. | 2 | ПК-1 |
| | Итого | 2 | |
| 4 Не резонансные приборы в электронике | Расчет выходных параметров ЛБВ и ЛОВ. | 2 | ПК-1 |
| | Итого | 2 | |
| 5 Приборы с квазистатическим управлением электронным потоком | Расчет выходных параметров ГДГ и ГЛПД. | 2 | ПК-1 |

Согласована на портале № 11047

| | | | |
|---|---|---|---|
| | 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 |
|---|---|---|---|---|
| 8 семестр | | | | |
| 1 Основы физических процессов в СВЧ приборах | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 6 | ПК-1, ПК-3 | Выступление (доклад) на занятии, Контрольная работа, Опрос на занятиях |
| | Проработка лекционного материала | 3 | | |
| | Итого | 9 | | |
| 2 Электродинамические системы в приборах СВЧ электроники | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 8 | ПК-1, ПК-3 | Выступление (доклад) на занятии, Контрольная работа, Опрос на занятиях |
| | Проработка лекционного материала | 5 | | |
| | Итого | 13 | | |
| 3 Резонансные приборы в электронике | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 3 | ПК-1, ПК-3 | Выступление (доклад) на занятии, Защита отчета, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе |
| | Проработка лекционного материала | 2 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 4 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 4 | | |
| | Итого | 13 | | |
| 4 Не резонансные приборы в электронике | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 5 | ПК-1, ПК-3 | Выступление (доклад) на занятии, Защита отчета, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе |
| | Проработка лекционного материала | 4 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 4 | | |
| | Итого | 13 | | |
| 5 Приборы с квазистатическим управлением | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 3 | ПК-1, ПК-3 | Выступление (доклад) на занятии, Защита отчета, Контрольная работа, |

Согласована на портале № 11047

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| электронным потоком | Проработка лекционного материала | 3 | | Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 4 | | |
| | Итого | 10 | | |
| Итого за семестр | | 58 | | |
| | Подготовка к экзамену / зачету | 36 | | Экзамен |
| Итого | | 94 | | |

### 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.

Согласована на портале № 11047

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 / Кущ 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 приемного и передающего трактов. Проектирование устройств и реализация систем / М.З. Згуров-ский, 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.: Издательсво «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. Оновы 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

Согласована на портале № 11047

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: Википедиа, 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.

Согласована на портале № 11047

### 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 видеоувеличителей 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;

Согласована на портале № 11047

– 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.

Согласована на портале № 11047

**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

# 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 2013 года

Разработчики:

- доцент каф. СВЧиКР Запасной А. С.

Экзамен: 8 семестр

Томск 2017

Согласована на портале № 11047

## 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 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. ;<br>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. ;<br>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-3 | готовностью анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций | |

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 | Знает факты, принципы, | Обладает диапазоном | Берет ответственность за |

Согласована на портале № 11047

| | | | |
|---|---|---|---|
| уровень) | процессы, общие понятия в пределах изучаемой области | практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования | завершение задач в исследовании, приспосабливает 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-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 | 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 микроволновые приборы и принципы их работы. | 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. |

Согласована на портале № 11047

| | | | |
|---|---|---|---|
| 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 и сдача экзамена / зачета; | • Интерактивные практические занятия;<br>• Интерактивные лабораторные занятия;<br>• Интерактивные лекции;<br>• Практические занятия;<br>• Лабораторные занятия;<br>• Лекции;<br>• Самостоятельная работа;<br>• Подготовка и сдача экзамена / зачета; | • Интерактивные практические занятия;<br>• Интерактивные лабораторные занятия;<br>• Лабораторные занятия;<br>• Самостоятельная работа; |
| Используемые средства оценивания | • Контрольная работа;<br>• Отчет по лабораторной работе;<br>• Опрос на занятиях;<br>• Выступление (доклад ) на занятии;<br>• Экзамен; | • Контрольная работа;<br>• Отчет по лабораторной работе;<br>• Опрос на занятиях;<br>• Выступление (доклад ) на занятии;<br>• Экзамен; | • Отчет по лабораторной работе;<br>• Выступление (доклад ) на занятии;<br>• 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) | • 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 программных средств | • 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; | • 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 моделей и различными |

Согласована на портале № 11047

| | | | |
|---|---|---|---|
| | компьютерного моделирования, позволяющих моделировать микроволновые приборы и принципы их работы; | | программными средствами компьютерного моделирования приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения; |
| Хорошо (базовый уровень) | • 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; | • 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; | • Студент берет ответственность за решение определенных задач в процессе исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам и справляется с трудностями; Владеет программными средствами компьютерного моделирования микроволновых приборов; |
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | • Обладает базовыми общими знаниями; | • Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач; | • Работает при прямом наблюдении; |

**2.2 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 5.

Таблица 5 – 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 программы и приложениями к программам, графическими редакторами; способностью аргументировано защищать и обосновывать полученные результаты |

Согласована на портале № 11047

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | исследований |
| 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 и сдача экзамена / зачета; | • Интерактивные практические занятия;<br>• Интерактивные лабораторные занятия;<br>• Интерактивные лекции;<br>• Практические занятия;<br>• Лабораторные занятия;<br>• Лекции;<br>• Самостоятельная работа;<br>• Подготовка и сдача экзамена / зачета; | • Интерактивные практические занятия;<br>• Интерактивные лабораторные занятия;<br>• Лабораторные занятия;<br>• Самостоятельная работа; |
| Используемые средства оценивания | • Отчет по лабораторной работе;<br>• Опрос на занятиях;<br>• Выступление (доклад ) на занятии;<br>• Экзамен; | • Отчет по лабораторной работе;<br>• Опрос на занятиях;<br>• Выступление (доклад ) на занятии;<br>• Экзамен; | • Отчет по лабораторной работе;<br>• Выступление (доклад ) на занятии;<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) | • Знает основные государственные стандарты, правила оформления документации, основные компьютерные программы; | • Умеет анализировать, систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций; | • Владеет основными компьютерными программами и приложениями к программам, графическими редакторами; способностью критического осмысления результатов собственных исследований; |
| Хорошо (базовый уровень) | • Знает правила оформления документации, основные компьютерные программы; | • Умеет систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций; | • Владеет основными компьютерными программами; способностью критического осмысления результатов собственных исследований; |
| Удовлетворительно (пороговый | • Знает основные компьютерные | • Умеет представлять материалы в виде | • Владеет основными компьютерными |

Согласована на портале № 11047

| | | | |
|---|---|---|---|
| уровень) | программы; | научных отчетов, публикаций, презентаций; | программами; |

## 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.

Согласована на портале № 11047

### 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 фор-мирования 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 / Кущ 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. Згуров-ский, 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.: Издательсво «Лань», 2007. – 704 с. [Электронный ресурс]. - http://e.lanbook.com/view/book/118

### 4.3. Обязательные учебно-методические пособия

1. Оновы 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: Википедиа, Google и Yandex.

Согласована на портале № 11047