**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 техника

Уровень образования: **высшее образование - магистратура**
Направление подготовки (специальность): **11.04.01 Радиотехника**
Направленность (профиль): **Радитехнические устройства и комплексы**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **РТФ, Радиотехнический факультет**
Кафедра: **РТС, Кафедра радиотехнических систем**
Курс: **1**
Семестр: **2**
Учебный план набора 2018 года

Распределение рабочего времени

| № | Виды учебной деятельности | 2 семестр | Всего | Единицы |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Лекции | 24 | 24 | часов |
| 2 | Практические занятия | 18 | 18 | часов |
| 3 | Лабораторные работы | 16 | 16 | часов |
| 4 | Всего аудиторных занятий | 58 | 58 | часов |
| 5 | Самостоятельная работа | 86 | 86 | часов |
| 6 | Всего (без экзамена) | 144 | 144 | часов |
| 7 | Общая трудоемкость | 144 | 144 | часов |
| | | 4.0 | 4.0 | З.Е |

Дифференцированный зачет: 2 семестр

Томск 2017

Согласована на портале № 22318

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 2 от «28» 9 2017 г.

# ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.04.01 Радиотехника, утвержденного 30 октября 2014 года, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчик:

Доцент каф. СВЧиКР _____ А. В. Фатеев

Заведующий обеспечивающей каф. СВЧиКР _____ С. Н. Шарангович

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

Декан РТФ _____ К. Ю. Попова

Заведующий выпускающей каф. РТС _____ С. В. Мелихов

Эксперт:

профессор ТУСУР, каф. СВЧиКР _____ А. Е. Мандель

Согласована на портале № 22318

## 1. Цели и задачи дисциплины

### 1.1. Цели дисциплины

Подготовка магистров в области разработки и применения микроволновых устройств, основанных на использовании электромагнитных колебаний и волн диапазона СВЧ и предназначенных для передачи, приёма и обработки информации.

### 1.2. Задачи дисциплины

– Получение необходимых знаний по физическим основам построения и функционирования микроволновых устройств;

–

– Получение необходимых знаний по методам расчёта основных параметров и характеристик микроволновых устройств, по основам их проектирования;

–

– Получение необходимых знаний по методам измерения электрических параметров и характеристик микроволновых устройств;

–

– Приобретение навыков работы с современной измерительной аппаратурой СВЧ диапазона.

–

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Микроволновая техника» (Б1.Б.7) относится к блоку 1 (базовая часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются следующие дисциплины: Устройства генерирования и формирования цифровых сигналов.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ОПК-2 способностью использовать результаты освоения дисциплин программы магистратуры;

– ОПК-4 способностью самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения в своей предметной области;

– ПК-2 способностью выполнять моделирование объектов и процессов с целью анализа и оптимизации их параметров с использованием имеющихся средств исследований, включая стандартные пакеты прикладных программ;

В результате изучения дисциплины студент должен:

– **знать** физические основы построения и функционирования микроволновых устройств и систем; основные методы расчёта параметров и характеристик микроволновых устройств и систем; основы работы со стандартными пакетами прикладных программ для моделирования объектов и процессов в микроволновых устройствах и системах;

– **уметь** оформлять, представлять, докладывать и аргументированно защищать результаты выполнения работы; самостоятельно пользоваться стандартными пакетами прикладных программ для моделирования объектов и процессов в микроволновых устройствах и системах;

– **владеть** методами расчёта параметров и характеристик микроволновых устройств и систем, основами их разработки и проектирования; стандартными пакетами прикладных программ для моделирования объектов и процессов в микроволновых устройствах и системах;

## 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 |
|---|---|---|
| | | 2 семестр |
| Аудиторные занятия (всего) | 58 | 58 |

Согласована на портале № 22318

| | | |
|---|---|---|
| Лекции | 24 | 24 |
| Практические занятия | 18 | 18 |
| Лабораторные работы | 16 | 16 |
| Самостоятельная работа (всего) | 86 | 86 |
| Оформление отчетов по лабораторным работам | 30 | 30 |
| Проработка лекционного материала | 21 | 21 |
| Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 35 | 35 |
| Всего (без экзамена) | 144 | 144 |
| Общая трудоемкость ч | 144 | 144 |
| Зачетные Единицы | 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 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 семестр | | | | | | |
| 1 Микроволновые линии передачи, их параметры и характеристики. Согласование. | 6 | 11 | 0 | 26 | 43 | ОПК-2, ОПК-4, ПК-2 |
| 2 Матричный анализ многополюсных устройств | 6 | 4 | 0 | 15 | 25 | ОПК-2, ОПК-4, ПК-2 |
| 3 Типовые микроволновые устройства | 6 | 3 | 8 | 24 | 41 | ОПК-2, ОПК-4, ПК-2 |
| 4 Измерения параметров и характеристик устройств и материалов в диапазоне СВЧ | 6 | 0 | 8 | 21 | 35 | ОПК-2, ОПК-4, ПК-2 |
| Итого за семестр | 24 | 18 | 16 | 86 | 144 | |
| Итого | 24 | 18 | 16 | 86 | 144 | |

### 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 |
|---|---|---|---|

Согласована на портале № 22318

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2 семестр | | | |
| 1 Микроволновые линии передачи, их параметры и характеристики. Согласование. | Общая теория регулярных нагруженных линий (режимы, коэффициент отражения, КСВ и КБВ, резонансные сечения, транс-формация сопротивлений, входное сопро-тивление, эквивалентные сечения). Основные характеристики линий передачи (типы волн, дисперсия, волновое и характеристическое сопротивления, погонные параметры). Микроволновые линии передачи. Нерегулярности в линиях. Учёт потерь. Круговая диаграмма Вольперта-Смита. Узкополосное и широкополосное согласование. | 6 | ОПК-2, ОПК-4, ПК-2 |
| | Итого | 6 | |
| 2 Матричный анализ многополюсных устройств | Многополюсные устройства. Волновой и классический подходы. Волновая матрица рассеяния. Классические матрицы сопротивлений и проводимостей. Свойства взаимности, симметрии и недиссипативности. Матрицы передачи. Метод декомпозиции анализа сложных устройств. | 6 | ОПК-2, ОПК-4, ПК-2 |
| | Итого | 6 | |
| 3 Типовые микроволновые устройства | Реактивные и активные нагрузки. Ступенчатые и плавные согласующие переходы. Объёмные резонаторы. Фильтры. Аттенюаторы. Фазовращатели. Делители мощности. Направленные ответвители и мосты. Ферритовые циркуляторы и вентили. | 6 | ОПК-2, ОПК-4, ПК-2 |
| | Итого | 6 | |
| 4 Измерения параметров и характеристик устройств и материалов в диапазоне СВЧ | Анализаторы параметров цепей. Измерения характеристик пассивных и активных многополюсных устройств. Измерения электрических параметров материалов. | 6 | ОПК-2, ОПК-4, ПК-2 |
| | Итого | 6 | |
| Итого за семестр | | 24 | |

### 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 представлены 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 |

Согласована на портале № 22318

| Предшествующие дисциплины | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1 Устройства генерирования и формирования цифровых сигналов | + | + | + | + |

**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 работы | Самостоятельная работа | |
| ОПК-2 | + | + | | + | Домашнее задание, Конспект самоподготовки, Реферат, Дифференцированный зачет |
| ОПК-4 | + | + | + | + | Домашнее задание, Конспект самоподготовки, Отчет по лабораторной работе, Реферат, Дифференцированный зачет |
| ПК-2 | + | + | + | + | Домашнее задание, Конспект самоподготовки, Отчет по лабораторной работе, Реферат, Дифференцированный зачет |

## 6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Не предусмотрено РУП

## 7. Лабораторные работы

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7. 1 – Наименование лабораторных работ

| Названия разделов | Наименование лабораторных работ | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| 2 семестр | | | |
| 3 Типовые микроволновые устройства | Исследование ферритовых вентилей и циркуляторов. | 4 | ОПК-4, ПК-2 |
| | Исследование объёмного резонатора. | 4 | |
| | Итого | 8 | |

Согласована на портале № 22318

| | | | |
|---|---|---|---|
| 4 Измерения параметров и характеристик устройств и материалов в диапазоне СВЧ | Скалярный анализатор параметров цепей Р2М. | 4 | ОПК-4, ПК-2 |
| | Измерение ε и tgδ диэлектрических материалов резонаторным методом. | 4 | |
| | Итого | 8 | |
| Итого за семестр | | 16 | |

## 8. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 8.1.

Таблица 8. 1 – Наименование практических занятий (семинаров)

| Названия разделов | Наименование практических занятий (семинаров) | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| 2 семестр | | | |
| 1 Микроволновые линии передачи, их параметры и характеристики. Согласование. | Линии передачи с Т-волной | 2 | ОПК-2, ОПК-4, ПК-2 |
| | Волноводные линии | 2 | |
| | Нагруженные фидеры | 2 | |
| | Круговая диаграмма Вольперта-Смита | 3 | |
| | Узкополосное и широкополосное согласование | 2 | |
| | Итого | 11 | |
| 2 Матричный анализ многополюсных устройств | Матричный анализ многополюсных устройств | 2 | ОПК-2, ОПК-4, ПК-2 |
| | Анализ сложных устройств методом декомпозиции | 2 | |
| | Итого | 4 | |
| 3 Типовые микроволновые устройства | Защита рефератов в форме презентации | 3 | ОПК-2, ОПК-4, ПК-2 |
| | Итого | 3 | |
| Итого за семестр | | 18 | |

## 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 |
|---|---|---|---|---|
| 2 семестр | | | | |
| 1 Микроволновые линии передачи, их параметры и характеристики. | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 4 | ОПК-2, ОПК-4, ПК-2 | Домашнее задание, Конспект самоподготовки, Реферат |

Согласована на портале № 22318

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Согласование. | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 4 | | |
| | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 4 | | |
| | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 5 | | |
| | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 4 | | |
| | Проработка лекционного материала | 5 | | |
| | Итого | 26 | | |
| 2 Матричный анализ многополюсных устройств | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 5 | ОПК-2, ОПК-4, ПК-2 | Домашнее задание, Конспект самоподготовки |
| | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 5 | | |
| | Проработка лекционного материала | 5 | | |
| | Итого | 15 | | |
| 3 Типовые микроволновые устройства | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 4 | ОПК-2, ОПК-4, ПК-2 | Домашнее задание, Конспект самоподготовки, Отчет по лабораторной работе, Реферат |
| | Проработка лекционного материала | 5 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 7 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 8 | | |
| | Итого | 24 | | |
| 4 Измерения параметров и характеристик устройств и материалов в диапазоне СВЧ | Проработка лекционного материала | 6 | ОПК-2, ОПК-4, ПК-2 | Конспект самоподготовки, Отчет по лабораторной работе |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 8 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 7 | | |
| | Итого | 21 | | |
| Итого за семестр | | 86 | | |
| Итого | | 86 | | |

Согласована на портале № 22318

## 10. Курсовая работа (проект)

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 |
|---|---|---|---|---|
| 2 семестр | | | | |
| Домашнее задание | 8 | 13 | 13 | 34 |
| Конспект самоподготовки | 5 | 5 | 5 | 15 |
| Отчет по лабораторной работе | | 12 | 12 | 24 |
| Реферат | | 27 | | 27 |
| Итого максимум за период | 13 | 57 | 30 | 100 |
| Нарастающим итогом | 13 | 70 | 100 | 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) |

Согласована на портале № 22318

## 12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 12.1. Основная литература

1. 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, дата обращения: 18.10.2017.
2. Устройства СВЧ и антенны. Проектирование фазированных антенных решеток/ под ред. Д.И. Воскресенского. – М.: Радиотехника, 2012. – 744с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 10 экз.)

### 12.2. Дополнительная литература

1. Антенны и устройства СВЧ: Учебник для вузов/ Д.И. Воскресенский и др. – М.: Ра-диотехника, 2006. – 375с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 20 экз.)
2. Устройства СВЧ и антенны. Проектирование фазированных антенных решеток/ под ред. Д.И. Воскресенского. – М.: Радиотехника, 2003. – 632с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 21 экз.)
3. Нефёдов Е.И. Техническая электродинамика: Учебное пособие для вузов. – М.: Изд. центр «Академия», 2008. – 416с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 13 экз.)
4. Техническая электродинамика: Учебное пособие для вузов/ Ю.В. Пименов и др. – М.: Радио и связь, 2002. – 536 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 22 экз.)

### 12.3 Учебно-методические пособия

#### 12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Антенны и фидеры: Сборник задач с формулами и решениями / Гошин Г. Г. - 2012. 237 с. (УМП по практическим работам) [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/2795, дата обращения: 18.10.2017.
2. 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, дата обращения: 18.10.2017.
3. Исследование ферритовых вентилей и циркуляторов: Руководство к лабораторной работе / Гошин Г. Г., Никифоров А. Н., Фатеев А. В., Замотринский В. А., Соколова Ж. М., Падусова Е. В. - 2013. 27 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/3730, дата обращения: 18.10.2017.
4. Устройства СВЧ и антенны: учебно-методическое пособие по организации самостоятельной работы студентов / Гошин Г. Г. - 2010. 42 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/7, дата обращения: 18.10.2017.
5. ИССЛЕДОВАНИЕ ОБЪЁМНОГО РЕЗОНАТОРА: Руководство к лабораторной работе / Падусова Е. В., Соколова Ж. М. - 2011. 18 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/131, дата обращения: 18.10.2017.
6. Скалярный анализатор параметров цепей р2м: Руководство к лабораторной работе / Гошин Г. Г., Фатеев А. В. - 2013. 47 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/3729, дата обращения: 18.10.2017.
7. Измерение ε и tgδ диэлектрических материалов резонаторным методом: Руководство к выполнению лабораторной работы / Гошин Г. Г., Фатеев А. В. - 2013. 18 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/3728, дата обращения: 18.10.2017.

#### 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;

Согласована на портале № 22318

– в печатной форме.

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

1. http://www.keysight.com
2. https://www.cst.com/

## 13. Материально-техническое обеспечение дисциплины

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

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

Учебно-исследовательская лаборатория «Микроволновая техника», ауд. 328 РК. Рабочие места оборудованы измерительными приборами и компьютерами с выходом в Интернет. Лабораторные работы обеспечены методическими пособиями, в том числе в электронном виде.

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

Учебно-исследовательская лаборатория «Микроволновая техника», ауд. 328 РК. Рабочие места оборудованы компьютерами с выходом в Интернет и пакетом прикладных программ..

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

Учебно-исследовательская лаборатория «Микроволновая техника», ауд. 328 РК. Рабочие места оборудованы компьютерами с выходом в Интернет. Лабораторные работы обеспечены методическими пособиями, в том числе в электронном виде.

#### 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, подключенные 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 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.

Согласована на портале № 22318

**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.

Согласована на портале № 22318

**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 техника

Уровень образования: **высшее образование - магистратура**
Направление подготовки (специальность): **11.04.01 Радиотехника**
Направленность (профиль): **Радитехнические устройства и комплексы**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **РТФ, Радиотехнический факультет**
Кафедра: **РТС, Кафедра радиотехнических систем**
Курс: **1**
Семестр: **2**

Учебный план набора 2018 года

Разработчик:
- Доцент каф. СВЧиКР А. В. Фатеев

Дифференцированный зачет: 2 семестр

Томск 2017

Согласована на портале № 22318

## 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 |
|---|---|---|
| ОПК-2 | способностью использовать результаты освоения дисциплин программы магистратуры | Должен знать физические основы построения и функционирования микроволновых устройств и систем; основные методы расчёта параметров и характеристик микроволновых устройств и систем; основы работы со стандартными пакетами прикладных программ для моделирования объектов и процессов в микроволновых устройствах и системах; ; Должен уметь оформлять, представлять, докладывать и аргументированно защищать результаты выполнения работы; самостоятельно пользоваться стандартными пакетами прикладных программ для моделирования объектов и процессов в микроволновых устройствах и системах;; Должен владеть методами расчёта параметров и характеристик микроволновых устройств и систем, основами их разработки и проектирования; стандартными пакетами прикладных программ для моделирования объектов и процессов в микроволновых устройствах и системах;; |
| ОПК-4 | способностью самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения в своей предметной области | |
| ПК-2 | способностью выполнять моделирование объектов и процессов с целью анализа и оптимизации их параметров с использованием имеющихся средств исследований, включая стандартные пакеты прикладных программ | |

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 области исследования | Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем |
| Удовлетворитель- | Обладает базовыми об- | Обладает основными | Работает при прямом на- |

Согласована на портале № 22318

| | | | |
|---|---|---|---|
| но (пороговый уровень) | щими знаниями | умениями, требуемыми для выполнения простых задач | блюдении |

## 2 Реализация компетенций

### 2.1 Компетенция ОПК-2

ОПК-2: способностью использовать результаты освоения дисциплин программы магистратуры.

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 | физические основы построения и функционирования микроволновых устройств и систем; | оформлять, представлять, докладывать и аргументированно защищать результаты выполнения работы; | методами расчёта параметров и характеристик микроволновых устройств и систем, основами их разработки и проектирования |
| Виды занятий | • Практические занятия;<br>• Лабораторные работы;<br>• Лекции;<br>• Самостоятельная работа; | • Практические занятия;<br>• Лабораторные работы;<br>• Лекции;<br>• Самостоятельная работа; | • Лабораторные работы;<br>• Самостоятельная работа; |
| Используемые средства оценивания | • Домашнее задание;<br>• Конспект самоподготовки;<br>• Реферат;<br>• Дифференцированный зачет; | • Домашнее задание;<br>• Конспект самоподготовки;<br>• Реферат;<br>• Дифференцированный зачет; | • Домашнее задание;<br>• Реферат;<br>• Дифференцированный зачет; |

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) | • Знает физические основы построения и функционирования микроволновых устройств и систем; | • Умеет свободно оформлять, представлять, докладывать и аргументированно защищать результаты выполнения работы; | • Владеет методами расчёта параметров и характеристик микроволновых устройств и систем, основами их разработки и проектирования; |
| Хорошо (базовый уровень) | • Имеет представление о физических основах построения и функционирования микроволновых устройств и систем ; | • Умеет самостоятельно оформлять, представлять, докладывать и аргументированно защищать результаты выполнения работы; | • Частично владеет методами расчёта параметров и характеристик микроволновых устройств и систем, основами их разработки и проектирования; |

Согласована на портале № 22318

| | | | |
|---|---|---|---|
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | • Дает определения физических основ построения и функционирования микроволновых устройств и систем ; | • Показывает неполное, недостаточное умение оформлять, представлять, докладывать и аргументированно защищать результаты выполнения работы; | • Демонстрирует неполное, недостаточное владение методами расчёта параметров и характеристик микроволновых устройств и систем, основами их разработки и проектирования; |

**2.2 Компетенция ОПК-4**

ОПК-4: способностью самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения в своей предметной области.

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 методы расчёта параметров и характеристик микроволновых устройств и систем; | оформлять, представлять, докладывать и аргументированно защищать результаты выполнения работы; | методами расчёта параметров и характеристик микроволновых устройств и систем, основами их разработки и проектирования |
| Виды занятий | • Практические занятия;<br>• Лабораторные работы;<br>• Лекции;<br>• Самостоятельная работа; | • Практические занятия;<br>• Лабораторные работы;<br>• Лекции;<br>• Самостоятельная работа; | • Лабораторные работы;<br>• Самостоятельная работа; |
| Используемые средства оценивания | • Домашнее задание;<br>• Конспект самоподготовки;<br>• Отчет по лабораторной работе;<br>• Реферат;<br>• Дифференцированный зачет; | • Домашнее задание;<br>• Конспект самоподготовки;<br>• Отчет по лабораторной работе;<br>• Реферат;<br>• Дифференцированный зачет; | • Отчет по лабораторной работе;<br>• Домашнее задание;<br>• Реферат;<br>• Дифференцированный зачет; |

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 методы расчёта параметров и характеристик микроволновых устройств и систем; | • Умеет свободно оформлять, представлять, докладывать и аргументированно защищать результаты выполнения работы; | • Владеет методами расчёта параметров и характеристик микроволновых устройств и систем, основами их разработки и проектирования; |
| Хорошо (базовый | • Имеет представление | • Умеет самостоятель- | • Частично владеет ме- |

Согласована на портале № 22318

| | | | |
|---|---|---|---|
| уровень) | об основных методах расчёта параметров и характеристик микроволновых устройств и систем ; | но оформлять, представлять, докладывать и аргументированно защищать результаты выполнения работы; | тодами расчёта параметров и характеристик микроволновых устройств и систем, основами их разработки и проектирования; |
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | • Дает определения основных методов расчёта параметров и характеристик микроволновых устройств и систем ; | • Показывает неполное, недостаточное умение оформлять, представлять, докладывать и аргументированно защищать результаты выполнения работы; | • Демонстрирует неполное, недостаточное владение методами расчёта параметров и характеристик микроволновых устройств и систем, основами их разработки и проектирования; |

### 2.3 Компетенция ПК-2

ПК-2: способностью выполнять моделирование объектов и процессов с целью анализа и оптимизации их параметров с использованием имеющихся средств исследований, включая стандартные пакеты прикладных программ.

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 | основы работы со стандартными пакетами прикладных программ для моделирования объектов и процессов в микроволновых устройствах и системах; | самостоятельно пользоваться стандартными пакетами прикладных программ для моделирования объектов и процессов в микроволновых устройствах и системах; | стандартными пакетами прикладных программ для моделирования объектов и процессов в микроволновых устройствах и системах; |
| Виды занятий | • Практические занятия;<br>• Лабораторные работы;<br>• Лекции;<br>• Самостоятельная работа; | • Практические занятия;<br>• Лабораторные работы;<br>• Лекции;<br>• Самостоятельная работа; | • Лабораторные работы;<br>• Самостоятельная работа; |
| Используемые средства оценивания | • Домашнее задание;<br>• Конспект самоподготовки;<br>• Отчет по лабораторной работе;<br>• Реферат;<br>• Дифференцированный зачет; | • Домашнее задание;<br>• Конспект самоподготовки;<br>• Отчет по лабораторной работе;<br>• Реферат;<br>• Дифференцированный зачет; | • Отчет по лабораторной работе;<br>• Домашнее задание;<br>• Реферат;<br>• Дифференцированный зачет; |

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

Таблица 8 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

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

Согласована на портале № 22318

| | | | |
|---|---|---|---|
| Отлично (высокий уровень) | • основы работы со стандартными пакетами прикладных программ для моделирования объектов и процессов в микроволновых устройствах и системах;; | • самостоятельно пользоваться стандартными пакетами прикладных программ для моделирования объектов и процессов в микроволновых устройствах и системах;; | • навыками для самостоятельного пользования стандартными пакетами прикладных программ для моделирования объектов и процессов в микроволновых устройствах и системах;; |
| Хорошо (базовый уровень) | • имеет представление о работе со стандартными пакетами прикладных программ для моделирования объектов и процессов в микроволновых устройствах и системах;; | • пользоваться стандартными пакетами прикладных программ для моделирования объектов и процессов в микроволновых устройствах и системах с помощью справочных материалов.; | • навыками для пользования стандартными пакетами прикладных программ для моделирования объектов и процессов в микроволновых устройствах и системах, используя справочные материалы;; |
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | • знаком со стандартными пакетами прикладных программ для моделирования объектов и процессов в микроволновых устройствах и системах;; | • пользоваться стандартными пакетами прикладных программ для моделирования объектов и процессов в микроволновых устройствах и системах со сторонней помощью.; | • навыками для пользования стандартными пакетами прикладных программ для моделирования объектов и процессов в микроволновых устройствах и системах со сторонней помощью;; |

## 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 Вопросы на самоподготовку

- Основные типы фидерных линий, их параметры и характеристики.
- Трансформация сопротивлений в линии с нагрузкой и способы её согласования.
- Матричное описание и методы расчёта устройств СВЧ
- Конструкции, электрические параметры и характеристики устройств СВЧ
- Основы автоматизированного проектирования устройств СВЧ
- Методы измерений основных параметров и характеристик устройств и материалов СВЧ.

### 3.2 Темы рефератов

- 1. Реактивные и активные нагрузки для полосковых линий.
- 2. Ступенчатые и плавные согласующие переходы в полосковом исполнении
- 3. Широкополосные коаксиально-волноводные переходы.
- 4. Широкополосные волноводно-полосковые переходы.
- 5. Резонаторы для полосковых трактов.
- 6. Фильтры и мультиплексеры в полосковом исполнении.
- 7. Широкополосные аттенюаторы для полосковых трактов.
- 8. Фазовращатели на распределённых элементах.
- 9. Широкополосные направленные ответвители в волноводном исполнении.
- 10. Широкополосные направленные мосты СВЧ диапазона.

Согласована на портале № 22318

– 11. Симметрирующие устройства на распределённых параметрах.

### 3.3 Темы домашних заданий

– Общая теория регулярных нагруженных линий (режимы, коэффициент отражения, КСВ и КБВ, резонансные сечения, трансформация сопротивлений, входное сопротивление, эквивалентные сечения). Основные характеристики линий передачи (типы волн, дисперсия, волновое и характеристическое сопротивления, погонные параметры). Микроволновые линии передачи. Нерегулярности в линиях. Учёт потерь. Круговая диаграмма Вольперта-Смита. Узкополосное и широкополосное согласование.

– Многополюсные устройства. Волновой и классический подходы. Волновая матрица рассеяния. Классические матрицы сопротивлений и проводимостей. Свойства взаимности, симметрии и недиссипативности. Матрицы передачи. Метод декомпозиции анализа сложных устройств.

– Реактивные и активные нагрузки. Ступенчатые и плавные согласующие переходы. Объёмные резонаторы. Фильтры. Аттенюаторы. Фазовращатели. Делители мощности. Направленные ответвители и мосты. Ферритовые циркуляторы и вентили.

– Анализаторы параметров цепей. Измерения характеристик пассивных и активных многополюсных устройств. Измерения электрических параметров материалов.

### 3.4 Вопросы дифференцированного зачета

– 1. Линии передачи: определение; регулярные, нерегулярные, однородные, не однородные. Открытые, закрытые – их достоинства и недостатки, применения. Примеры.

– 2. Радиолиния: понятие, структурная схема, примеры. Достоинства и недостатки по сравнению с фидерными линиями. Принцип электродинамического подобия и его использование при расчетах и экспериментальных исследованиях.

– 3. Основные параметры и характеристики фидеров: типы волн, дисперсионная характеристика, затухание, электрическая прочность, предельная и допустимая мощности, волновое сопротивление, погонные парамет-ры.

– 4. Математическая модель линий передачи СВЧ. Основные требования, предъявляемые к фидерным линиям. Частотные зависимости затухания в проводниках и диэлектриках.

– 5. Объясните, почему обычно работают на волне одного типа, в частности о-новного. В каких случаях работают на волнах высших типов? В каких линиях имеет место дисперсия и в чем проявляется? Как она влияет на распространение сигналов?

– 6. Двухпроводная и коаксиальная линии: волна основного типа, ее длина и фаз-вая скорость, волновое сопро-тивление, погонные параметры. Условие работы на волне основного типа в коаксиальной линии. Маркировка коаксиальных ка-белей.

– 7. Полосковые и микрополосковые линии: разновидности, волна основного типа, ее длина и фазовая скорость, волновое сопротивление, погонные параметры, структура поля.

– 8. Волноводы прямоугольного сечения. Типы волн, критические длины волн. Волна основного типа, условие ее существования, структура поля, характеристическое и волновое сопротивления, передаваемая мощность. Технология изготовления и стандарты. Применения.

– 9. Волноводы круглого сечения. Типы волн, критические длины волн. Волна ос-новного типа, условие ее су-ществования, структура поля, характеристическое и волновое сопротивления, передаваемая мощность. Тех-нология изготовления. Применения.

– 10. Линии передачи с поверхностной волной. Понятие поверхностной волны, ее длина и фазовая скорость, структура поля. Примеры реализаций ЛП с поверхностной волной и применения.

– 11. Диапазоны длин волн. Понятие СВЧ. Типы применяемых в различных диапа-зонах фидеров. Понятия экви-валентных линий и схем. Волновой и классический подходы, связь между ними.

– 12. Коэффициент отражения от нагрузки, КБВ, КСВ, сопротивление линии и со-отношение между ними. Пове-дение модуля коэффициента отражения в идеальных и реальных ЛП. Резонансные сечения, значения в них напряженностей полей и сопротивлений.

– 13. Коэффициент отражения от нагрузки, КБВ, КСВ, сопротивление линии и соотношение между ними. Пове-дение модуля коэффициента отражения в идеальных и реальных линиях.

Согласована на портале № 22318

Режимы в ЛП и их связь с сопро-тивлением нагрузки.

– 14. Формула трансформации сопротивлений с пояснениями. Эквивалентные сечения и расстояния между ними. Входное сопротивление отрезка фидера, значения в случае реактивных нагрузок. Понятие шлейфов, их входные сопротивления, применения.

– 15. Формула трансформации сопротивлений с пояснениями. Резонансные сечения и расстояния между ними. Поведение в них компонент напряженности электрического и магнитного полей, связь с модулем коэффи-циента отражения от на-грузки. Сопротивление линии в резонансных сечениях и связь их с КСВ и КБВ.

– 16. Узкополосное согласование активных нагрузок. Четвертьволновые понижающие и повышающие транс-форматоры, их включения в ЛП и выбор значений сопротивлений. Эквивалентные схемы, распределения напряжения, КБВ или КСВ вдоль ЛП при согласовании.

– 17. Узкополосное согласование комплексных нагрузок. Метод компенсирующих реактивностей, последова-тельное и параллельное включения их в ЛП. Эквивалентные схемы. Пояснения на круговой диаграмме Вольперта – Смита.

– 18. Узкополосное согласование комплексных нагрузок. Метод компенсирующих реактивностей, их реализация в волноводной технике, эквивалентные схемы.

– 19. Типовые элементы трактов СВЧ: эквиваленты антенн, реактивные нагрузки, четвертьволновые металлические изоляторы.

– 20. Типовые элементы трактов СВЧ: волноводные соединения, повороты, коаксиально-волноводные переходы и переходы с прямоугольного волновода на круглый.

– 21. Объемный резонатор: устройство, разновидности, применения. Сравнение с колебательным контуром. Включение в тракт, связь с внешними цепями.

– 22. Объемные резонаторы: типы колебаний, резонансные длины волн, добротности. Устройство и применение коаксиального резонатора.

– 23. Ступенчатые и плавные согласующие переходы. Классификация управляющих устройств. Механические аттенюаторы и фазовращатели.

– 24. Многополюсники СВЧ: плоскости отсчета фаз, волновой и классический под-ходы описания, нормировка токов и напряжений, падающие и отраженные волны.

– 25. Волновая матрица рассеяния: физический смысл элементов, испытательные режимы. Применения.

– 26. Матрицы сопротивлений и проводимостей: физический смысл элементов, ис-пытательные режимы. При-менения.

– 27. Идеальные и реальные матрицы. Матрица рассеяния идеального вентиля, физический смысл ее элементов.

– 28. Фундаментальные свойства матриц: взаимности, симметрии, недиссипативно-сти; понятия, математические формулировки, необходимость учета.

– 29. Недиссипативный четырехполюсник: матрицы сопротивлений и рассеяния. Реактивный многополюсник.

– 30. Ферриты и их свойства. Невзаимные устройства на основе эффекта Фарадея и с поперечно-подмагниченным ферритом (вентили). Фазовращатели.

– 31. Циркулятор: понятие, матрицы рассеяния, устройство, назначение и применения.

– 32. Направленный ответвитель: понятие, матрица рассеяния, устройство, назначе-ние и применения.

### 3.5 Темы лабораторных работ

– Исследование ферритовых вентилей и циркуляторов.
– Скалярный анализатор параметров цепей Р2М.
– Исследование объёмного резонатора.
– Измерение ε и tgδ диэлектрических материалов резонаторным методом.

## 4 Методические материалы

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

– методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навы-

Согласована на портале № 22318

ков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы фор-мирования компетенций, согласно п. 12 рабочей программы.

### 4.1. Основная литература

1. 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.
2. Устройства СВЧ и антенны. Проектирование фазированных антенных решеток/ под ред. Д.И. Воскресенского. – М.: Радиотехника, 2012. – 744с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 10 экз.)

### 4.2. Дополнительная литература

1. Антенны и устройства СВЧ: Учебник для вузов/ Д.И. Воскресенский и др. – М.: Ра-диотехника, 2006. – 375с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 20 экз.)
2. Устройства СВЧ и антенны. Проектирование фазированных антенных решеток/ под ред. Д.И. Воскресенского. – М.: Радиотехника, 2003. – 632с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 21 экз.)
3. Нефёдов Е.И. Техническая электродинамика: Учебное пособие для вузов. – М.: Изд. центр «Академия», 2008. – 416с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 13 экз.)
4. Техническая электродинамика: Учебное пособие для вузов/ Ю.В. Пименов и др. – М.: Радио и связь, 2002. – 536 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 22 экз.)

### 4.3. Обязательные учебно-методические пособия

1. Антенны и фидеры: Сборник задач с формулами и решениями / Гошин Г. Г. - 2012. 237 с. (УМП по практическим работам) [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/2795, свободный.
2. 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.
3. Исследование ферритовых вентилей и циркуляторов: Руководство к лабораторной работе / Гошин Г. Г., Никифоров А. Н., Фатеев А. В., Замотринский В. А., Соколова Ж. М., Падусова Е. В. - 2013. 27 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/3730, свободный.
4. Устройства СВЧ и антенны: учебно-методическое пособие по организации самостоятельной работы студентов / Гошин Г. Г. - 2010. 42 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/7, свободный.
5. ИССЛЕДОВАНИЕ ОБЪЁМНОГО РЕЗОНАТОРА: Руководство к лабораторной работе / Падусова Е. В., Соколова Ж. М. - 2011. 18 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/131, свободный.
6. Скалярный анализатор параметров цепей р2м: Руководство к лабораторной работе / Гошин Г. Г., Фатеев А. В. - 2013. 47 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/3729, свободный.
7. Измерение ε и tgδ диэлектрических материалов резонаторным методом: Руководство к выполнению лабораторной работы / Гошин Г. Г., Фатеев А. В. - 2013. 18 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/3728, свободный.

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

1. http://www.keysight.com
2. https://www.cst.com/

Согласована на портале № 22318