

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе

Документ подписан электронной подписью

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

Владелец: Троян Павел Ефимович

Действителен: с 19.01.2016 по 16.09.2019

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Устройства СВЧ

Уровень образования: **высшее образование - специалитет**

Направление подготовки (специальность): **11.05.01 Радиозлектронные системы и комплексы**

Направленность (профиль): **Радиозлектронные системы космических комплексов**

Форма обучения: **очная**

Факультет: **РТФ, Радиотехнический факультет**

Кафедра: **РТС, Кафедра радиотехнических систем**

Курс: **2**

Семестр: **4**

Учебный план набора 2011 года

Распределение рабочего времени

| № | Виды учебной деятельности | 4 семестр | Всего | Единицы |
|---|------------------------------|-----------|-------|---------|
| 1 | Лекции | 24 | 24 | часов |
| 2 | Практические занятия | 24 | 24 | часов |
| 3 | Лабораторные занятия | 20 | 20 | часов |
| 4 | Всего аудиторных занятий | 68 | 68 | часов |
| 5 | Из них в интерактивной форме | 12 | 12 | часов |
| 6 | Самостоятельная работа | 40 | 40 | часов |
| 7 | Всего (без экзамена) | 108 | 108 | часов |
| 8 | Подготовка и сдача экзамена | 36 | 36 | часов |
| 9 | Общая трудоемкость | 144 | 144 | часов |
| | | 4.0 | 4.0 | З.Е |

Экзамен: 4 семестр

Томск 2016

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы, утвержденного 2016-08-11 года, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчики:

доцент каф. СВЧиКР

_____ Фатеев А. В.

Заведующий обеспечивающей каф.
СВЧиКР

_____ Шарангович С. Н.

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

Декан РТФ

_____ Попова К. Ю.

Заведующий выпускающей каф.
РТС

_____ Мелихов С. В.

Эксперты:

профессор ТУСУР, каф. СВЧиКР

_____ Мандель А. Е.

старший преподаватель ТУСУР,
каф. РТС

_____ Ноздревых Д. О.

1. Цели и задачи дисциплины

1.1. Цели дисциплины

Подготовка специалистов в области создания и обеспечения функционирования устройств СВЧ в радиоэлектронных системах и комплексах различного назначения

1.2. Задачи дисциплины

- Изучение студентами:
- • основных типов фидерных линий, их параметров и характеристик;
- • основных конструкций элементов фидерного тракта и устройств СВЧ;
- • описания устройств СВЧ посредством матричного аппарата;
- • различных способов согласования устройств СВЧ в фидерном тракте,
- • методов измерений основных параметров и характеристик устройств СВЧ.
-

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Устройства СВЧ» (Б1.Б.15.1) относится к блоку 1 (базовая часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются следующие дисциплины: Физика, Электродинамика.

Последующими дисциплинами являются: Антенны.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- ПК-3 способностью осуществлять проектирование конструкций электронных средств с применением современных САПР и пакетов прикладных программ;
- ПК-5 способностью использовать современные пакеты прикладных программ для схемотехнического моделирования аналоговых и цифровых устройств, устройств сверхвысоких частот (СВЧ) и антенн;

В результате изучения дисциплины студент должен:

- **знать** физическую сущность волновых процессов, происходящих в фидерных трактах и типовых устройствах СВЧ, их математическое описание; принципы действия, основные параметры и характеристики, конструкции и назначение типовых устройств СВЧ для радиоэлектронных систем и комплексов различного назначения;
- **уметь** разрабатывать и обосновывать соответствующие техническому заданию и современному уровню развития теории и техники конструкции фидерных линий и устройств СВЧ для радиоэлектронных систем и комплексов; выбирать элементы фидерных трактов и устройств СВЧ с учётом требований миниатюризации, электромагнитной совместимости и технологичности; осуществлять с учётом технико-экономической оптимизации схемотехническое проектирование разрабатываемых СВЧ устройств с использованием современных универсальных пакетов прикладных программ; проводить натурный эксперимент по измерению основных параметров и характеристик фидерных трактов и устройств СВЧ;
- **владеть** первичными навыками настройки и регулировки устройств СВЧ при их производстве, установке и технической эксплуатации.

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 |
|----------------------------|-------------|-----------|
| | | 4 семестр |
| Аудиторные занятия (всего) | 68 | 68 |
| Лекции | 24 | 24 |
| Практические занятия | 24 | 24 |

| | | |
|---|-----|-----|
| Лабораторные занятия | 20 | 20 |
| Из них в интерактивной форме | 12 | 12 |
| Самостоятельная работа (всего) | 40 | 40 |
| Оформление отчетов по лабораторным работам | 16 | 16 |
| Проработка лекционного материала | 7 | 7 |
| Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 17 | 17 |
| Всего (без экзамена) | 108 | 108 |
| Подготовка и сдача экзамена | 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 | Основные типы фидерных линий, их параметры и характеристики. | 4 | 4 | 0 | 4 | 12 | ПК-3, ПК-5 |
| 2 | Трансформация сопротивлений в линии с нагрузкой и способы её согласования. | 4 | 4 | 4 | 7 | 19 | ПК-3, ПК-5 |
| 3 | Матричное описание и методы расчёта устройств СВЧ. | 2 | 4 | 0 | 4 | 10 | ПК-3, ПК-5 |
| 4 | Конструкции, электрические параметры и характеристики устройств СВЧ. | 6 | 4 | 12 | 16 | 38 | ПК-3, ПК-5 |
| 5 | Основы автоматизированного проектирования устройств СВЧ. | 4 | 6 | 0 | 4 | 14 | ПК-3, ПК-5 |
| 6 | Методы измерений основных параметров и характеристик устройств и материалов СВЧ. | 4 | 2 | 4 | 5 | 15 | ПК-3, ПК-5 |
| | Итого | 24 | 24 | 20 | 40 | 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 |
|--|---|-----------------|-------------------------|
| 4 семестр | | | |
| 1 Основные типы фидерных линий, их параметры и характеристики. | Основные типы фидерных линий (двухпроводные, коаксиальные, полосковые, щелевые, волноводные, диэлектрические, с поверхностной волной, волоконно-оптические), их параметры и характеристики. | 4 | ПК-3, ПК-5 |
| | Итого | 4 | |
| 2 Трансформация сопротивлений в линии с нагрузкой и способы её согласования. | Трансформация сопротивлений в линии с нагрузкой. Круговая диаграмма полных сопротивлений и проводимостей. Способы узкополосного и широкополосного согласования, реактивные согласующие цепи и элементы. | 4 | ПК-3, ПК-5 |
| | Итого | 4 | |
| 3 Матричное описание и методы расчёта устройств СВЧ. | Математическая модель линий передачи СВЧ. Волно-вой и классический подходы. Матричное описание и методы расчёта пассивных устройств СВЧ. | 2 | ПК-3, ПК-5 |
| | Итого | 2 | |
| 4 Конструкции, электрические параметры и характеристики устройств СВЧ. | Пассивные устройства фидерных трактов СВЧ (реактивные и согласованные нагрузки, переходы, аттенюаторы, фазовращатели, фильтры, вентили, циркуляторы, делители, направленные ответвители, резонаторы, управляемые устройства). Их технические параметры и характеристики, методы расчёта, конструкции, назначения. Принцип декомпозиции анализа сложных устройств. Каскадное соединение базовых элементов многополюсников. | 6 | ПК-3, ПК-5 |
| | Итого | 6 | |
| 5 Основы автоматизированного проектирования устройств СВЧ. | Основы автоматизированного проектирования разрабатываемых СВЧ устройств с использованием современных универсальных пакетов прикладных программ и систем | 4 | ПК-3, ПК-5 |

| | | | |
|--|---|----|------------|
| | автоматизированного проектирования | | |
| | Итого | 4 | |
| 6 Методы измерений основных параметров и характеристик устройств и материалов СВЧ. | Скалярные и векторные анализаторы параметров цепей. Измерения параметров СВЧ устройств в коаксиальном тракте. Измерения параметров СВЧ устройств на пластине. Измерения параметров материалов на СВЧ. | 4 | ПК-3, ПК-5 |
| | Итого | 4 | |
| 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 | 5 | 6 |
| Предшествующие дисциплины | | | | | | | |
| 1 | Физика | + | + | + | + | + | + |
| 2 | Электродинамика | + | + | + | + | + | + |
| Последующие дисциплины | | | | | | | |
| 1 | Антенны | + | + | + | + | + | + |

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

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

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

| Компетенции | Виды занятий | | | | Формы контроля |
|-------------|--------------|----------------------|----------------------|------------------------|--|
| | Лекции | Практические занятия | Лабораторные занятия | Самостоятельная работа | |
| ПК-3 | + | + | + | + | Контрольная работа, Экзамен, Конспект самоподготовки, Отчет по лабораторной работе, Компонент своевременности, Опрос на занятиях |

| | | | | | |
|------|---|---|---|---|--|
| ПК-5 | + | + | + | + | Контрольная работа, Экзамен, Конспект самоподготовки, Отчет по лабораторной работе, Компонент своевременности, Опрос на занятиях |
|------|---|---|---|---|--|

6. Интерактивные методы и формы организации обучения

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

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

| Методы | Интерактивные практические занятия | Всего |
|--|------------------------------------|-------|
| 4 семестр | | |
| Презентации с использованием интерактивной доски с обсуждением | 12 | 12 |
| Итого за семестр: | 12 | 12 |
| Итого | 12 | 12 |

7. Лабораторный практикум

Содержание лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Содержание лабораторных работ

| Названия разделов | Содержание лабораторных работ | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|--|--|-----------------|-------------------------|
| 4 семестр | | | |
| 2 Трансформация сопротивлений в линии с нагрузкой и способы её согласования. | Трансформация сопротивлений в линии с нагрузкой и способы её согласования. | 4 | ПК-3, ПК-5 |
| | Итого | 4 | |
| 4 Конструкции, электрические параметры и характеристики устройств СВЧ. | Конструкции, электрические параметры и характеристики устройств СВЧ | 12 | ПК-3, ПК-5 |
| | Итого | 12 | |
| 6 Методы измерений основных параметров и характеристик устройств и материалов СВЧ. | Методы измерений основных параметров и характеристик устройств и материалов СВЧ. | 4 | ПК-3, ПК-5 |
| | Итого | 4 | |
| Итого за семестр | | 20 | |

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 |
|--|---|--------------------|----------------------------|
| 4 семестр | | | |
| 1 Основные типы фидерных линий, их параметры и характеристики. | Основные типы фидерных линий (двухпроводные, коаксиальные, полосковые, щелевые, волноводные, диэлектрические, с поверхностной волной, волоконно-оптические), их пара-метры и характеристики. | 4 | ПК-3, ПК-5 |
| | Итого | 4 | |
| 2 Трансформация сопротивлений в линии с нагрузкой и способы её согласования. | Трансформация сопротивлений в линии с нагрузкой. Круговая диаграмма полных сопротивлений и проводимостей. Способы узкополосного и широкополосного согласования, реактивные согласующие цепи и элементы. | 4 | ПК-3, ПК-5 |
| | Итого | 4 | |
| 3 Матричное описание и методы расчёта устройств СВЧ. | Математическая модель линий передачи СВЧ. Волновой и классический подходы. Матричное описание и методы расчёта пассивных устройств СВЧ. | 4 | ПК-3, ПК-5 |
| | Итого | 4 | |
| 4 Конструкции, электрические параметры и характеристики устройств СВЧ. | Пассивные устройства фидерных трактов СВЧ (реактивные и согласованные нагрузки, переходы, аттенюаторы, фазовращатели, фильтры, вентили, циркуляторы, делители, направленные ответвители, резонаторы, управляемые устройства). Их технические параметры и характеристики, методы расчёта, конструкции, назначения. Принцип декомпозиции анализа сложных устройств. Каскадное соединение базовых элементов многополюсников. | 4 | ПК-3, ПК-5 |
| | Итого | 4 | |
| 5 Основы автоматизированного проектирования устройств СВЧ. | Основы автоматизированного проектирования разрабатываемых СВЧ устройств с использованием современных универсальных пакетов прикладных программ и систем автоматизированного проектирования | 6 | ПК-3, ПК-5 |
| | Итого | 6 | |

| | | | |
|--|---|----|--|
| 6 Методы измерений основных параметров и характеристик устройств и материалов СВЧ. | Скалярные и векторные анализаторы параметров цепей. Измерения параметров СВЧ устройств в коаксиальном тракте. Измерения параметров СВЧ устройств на пластине. Измерения параметров материалов на СВЧ. | 2 | |
| | Итого | 2 | |
| Итого за семестр | | 24 | |

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 |
|--|---|----------------|-------------------------|--|
| 4 семестр | | | | |
| 1 Основные типы фидерных линий, их параметры и характеристики. | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 3 | ПК-3, ПК-5 | Конспект самоподготовки, Контрольная работа, Опрос на занятиях |
| | Проработка лекционного материала | 1 | | |
| | Итого | 4 | | |
| 2 Трансформация сопротивлений в линии с нагрузкой и способы её согласования. | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 3 | ПК-3, ПК-5 | Конспект самоподготовки, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Экзамен |
| | Проработка лекционного материала | 1 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 3 | | |
| | Итого | 7 | | |
| 3 Матричное описание и методы расчёта устройств СВЧ. | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 3 | ПК-3, ПК-5 | Компонент своевременности, Конспект самоподготовки, Контрольная работа, Экзамен |
| | Проработка лекционного материала | 1 | | |
| | Итого | 4 | | |
| 4 Конструкции, электрические параметры и характеристики устройств СВЧ. | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 4 | ПК-3, ПК-5 | Компонент своевременности, Конспект самоподготовки, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной |
| | Проработка лекционного материала | 2 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 10 | | |

| | | | | |
|--|---|----|------------|--|
| | Итого | 16 | | работе, Экзамен |
| 5 Основы автоматизированного проектирования устройств СВЧ. | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 3 | ПК-3, ПК-5 | Компонент своевременности, Конспект самоподготовки, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Экзамен |
| | Проработка лекционного материала | 1 | | |
| | Итого | 4 | | |
| 6 Методы измерений основных параметров и характеристик устройств и материалов СВЧ. | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 1 | | Компонент своевременности, Конспект самоподготовки, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Экзамен |
| | Проработка лекционного материала | 1 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 3 | | |
| | Итого | 5 | | |
| Итого за семестр | | 40 | | |
| | Подготовка к экзамену | 36 | | Экзамен |
| Итого | | 76 | | |

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 |
|-------------------------------|--|---|---|------------------|
| 4 семестр | | | | |
| Компонент своевременности | 4 | 4 | 4 | 12 |
| Конспект самоподготовки | 2 | 4 | 4 | 10 |
| Контрольная работа | 10 | 10 | 10 | 30 |
| Опрос на занятиях | 2 | 2 | 2 | 6 |
| Отчет по лабораторной работе | | 4 | 8 | 12 |
| Итого максимум за период | 18 | 24 | 28 | 70 |
| Экзамен | | | | 30 |
| Нарастающим итогом | 18 | 42 | 70 | 100 |

11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

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

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

| | |
|---------------------------------|--------|
| Баллы на дату контрольной точки | Оценка |
|---------------------------------|--------|

| | |
|---|---|
| ≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату КТ | 5 |
| От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату КТ | 4 |
| От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату КТ | 3 |
| < 60% от максимальной суммы баллов на дату КТ | 2 |

11.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

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

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

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

12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

12.1. Основная литература

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

12.2. Дополнительная литература

1. Устройства СВЧ и антенны: Учебник для вузов/ Д.И. Воскресенский и др. – М.: Радиотехника, 2006. – 375с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 20 экз.)
2. Радиоизмерительная аппаратура СВЧ и КВЧ. Узловая и элементная базы / под ред.: А. М. Кудрявцева. – М.: Радиотехника, 2006. – 205 с (наличие в библиотеке ТУСУР - 20 экз.)
3. Сверхширокополосные микроволновые устройства / под ред. А. П. Креницкого, В. П. Мещанова. – М.: Радио и связь, 2001. – 560 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 33 экз.)
4. Сазонов Д.М. Антенны и устройства СВЧ: Учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 1988. – 432с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 17 экз.)
5. Фрадин А.З. Антенно-фидерные устройства. – М.: Связь, 1977. – 440с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 17 экз.)

12.3. Учебно-методическое пособие и программное обеспечение

1. ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ВОЛНОВОДНОГО ТРАКТА И СОГЛАСОВАНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЙ НАГРУЗОК: Руководство к лабораторной работе / Соколова Ж. М. - 2011. 17 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/publications/132>, свободный.
2. ИССЛЕДОВАНИЕ ОБЪЁМНОГО РЕЗОНАТОРА: Руководство к лабораторной работе / Падусова Е. В., Соколова Ж. М. - 2011. 18 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/publications/131>, свободный.
3. Исследование ферритовых вентиляей 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. Скалярный анализатор параметров цепей p2m: Руководство к лабораторной работе /

Гошин Г. Г., Фатеев А. В. - 2013. 47 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/publications/3729>, свободный.

5. Измерение ϵ и $\text{tg}\delta$ диэлектрических материалов резонаторным методом: Руководство к выполнению лабораторной работы / Гошин Г. Г., Фатеев А. В. - 2013. 18 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/publications/3728>, свободный.

6. Антенны и фидеры: Сборник задач с формулами и решениями / Гошин Г. Г. - 2012. 237 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/publications/2795>, свободный.

7. 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.

12.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы

1. <http://www.cst.com>
2. <http://www.keysight.com>

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебная лаборатория (328) оборудована необходимыми установками и приборами для проведения лабораторных работ по дисциплинам, обеспечиваемым кафедрой СВЧиКР с выходом в Internet:

Измерительное и презентационное оборудование:

Векторный анализатор цепей Advantest R3762AH 1 шт.

Векторный анализатор цепей P4M-18 1 шт.

Скалярный анализатор цепей P2M-04 2 шт.

Скалярный анализатор цепей P2M-18 1 шт.

Анализатор спектра СК4М-04 1 шт.

Осциллограф Agilent MSO7104B 1 шт.

Генератор Agilent 33522A 1 шт.

Мультиметр Agilent 34405A 1 шт.

Векторный импульсный анализатор цепей P4-И-01 1 шт.

Векторный анализатор цепей OBZOR-103 1 шт.

Анализатор спектра С4-27 1 шт.

Генератор Г3-10А 1 шт.

Генератор Г3-14А 4 шт.

Генератор Г4-79 1 шт.

Генератор Г4-9 2 шт.

Генератор Г4-109 1 шт.

Генератор Г4-144 1 шт.

Генератор Г4-126 1 шт.

Измерительный приемник P2-60 4 шт.

Измерительная линия P1-27 3 шт.

Измерительная линия P1-4 2 шт.

Измерительная линия P1-17 1 шт.

Измеритель P5-12 3 шт.

Измеритель разности фаз ФК2-12 1 шт.

Измеритель Я2М66 1 шт.

Вольтметр В4-12 1 шт.

Осциллограф С1-74 1 шт.

Осциллограф С1-75 1 шт.

Измерительный усилитель УЗ-29 2 шт.

Проектор BenQ MX711 1 шт.

Проектор InFocus 3114 1 шт.

Персональный компьютер 14 шт.

Лицензионное программное обеспечение:

- Windows 7

- MS Office 2010 Professional
- Qucs
- MathCAD 15
- Keysight EMPro 2015

14. Фонд оценочных средств

Фонд оценочных средств приведен в приложении 1.

15. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

Без рекомендаций.

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

Устройства СВЧ

Уровень образования: **высшее образование - специалитет**

Направление подготовки (специальность): **11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы**

Направленность (профиль): **Радиоэлектронные системы космических комплексов**

Форма обучения: **очная**

Факультет: **РТФ, Радиотехнический факультет**

Кафедра: **РТС, Кафедра радиотехнических систем**

Курс: **2**

Семестр: **4**

Учебный план набора 2011 года

Разработчики:

– доцент каф. СВЧиКР Фатеев А. В.

Экзамен: 4 семестр

Томск 2016

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-5 | способностью использовать современные пакеты прикладных программ для схемотехнического моделирования аналоговых и цифровых устройств, устройств сверхвысоких частот (СВЧ) и антенн | <p>Должен знать физическую сущность волновых процессов, происходящих в фидерных трактах и типовых устройствах СВЧ, их математическое описание; принципы действия, основные параметры и характеристики, конструкции и назначение типовых устройств СВЧ для радиоэлектронных систем и комплексов различного назначения; ;</p> <p>Должен уметь разрабатывать и обосновывать соответствующие техническому заданию и современному уровню развития теории и техники конструкции фидерных линий и устройств СВЧ для радиоэлектронных систем и комплексов; выбирать элементы фидерных трактов и устройств СВЧ с учётом требований миниатюризации, электромагнитной совместимости и технологичности; осуществлять с учётом технико-экономической оптимизации схемотехническое проектирование разрабатываемых СВЧ устройств с использованием современных универсальных пакетов прикладных программ; проводить натурный эксперимент по измерению основных параметров и характеристик фидерных трактов и устройств СВЧ; ;</p> <p>Должен владеть первичными навыками настройки и регулировки устройств СВЧ при их производстве, установке и технической эксплуатации.;</p> |
| ПК-3 | способностью осуществлять проектирование конструкций электронных средств с применением современных САПР и пакетов 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 | Обладает диапазоном практических умений, | Контролирует работу, проводит оценку, |

| | | | |
|---------------------------------------|---|--|--|
| | знаниями в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости | требуемых для развития творческих решений, абстрагирования проблем | 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 |
| 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-5

ПК-5: способностью использовать современные пакеты прикладных программ для схемотехнического моделирования аналоговых и цифровых устройств, устройств сверхвысоких частот (СВЧ) и антенн.

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

Таблица 3 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

| Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|----------------------------------|---|---|---|
| Содержание этапов | принципы действия, основные параметры и характеристики, конструкции и назначение типовых устройств СВЧ для радиоэлектронных систем и комплексов различного назначения; | осуществлять с учётом технико-экономической оптимизации схемотехническое проектирование разрабатываемых устройств СВЧ с использованием современных универсальных пакетов прикладных программ; | навыками разработки типовых устройств СВЧ. |
| Виды занятий | <ul style="list-style-type: none"> • Интерактивные практические занятия; • Практические занятия; • Лабораторные занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Подготовка к экзамену; | <ul style="list-style-type: none"> • Интерактивные практические занятия; • Практические занятия; • Лабораторные занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Подготовка к экзамену; | <ul style="list-style-type: none"> • Интерактивные практические занятия; • Лабораторные занятия; • Самостоятельная работа; |
| Используемые средства оценивания | <ul style="list-style-type: none"> • Контрольная работа; • Отчет по лабораторной работе; | <ul style="list-style-type: none"> • Контрольная работа; • Отчет по лабораторной работе; | <ul style="list-style-type: none"> • Отчет по лабораторной работе; • Экзамен; |

| | | | |
|--|--|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> • Опрос на занятиях; • Экзамен; • Конспект самоподготовки; • Экзамен; | <ul style="list-style-type: none"> • Опрос на занятиях; • Экзамен; • Конспект самоподготовки; • Экзамен; | <ul style="list-style-type: none"> • 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) | <ul style="list-style-type: none"> • основные принципы схемотехнического моделирования устройств сверхвысоких частот (СВЧ); | <ul style="list-style-type: none"> • самостоятельно осваивать пакеты прикладных программ схемотехнического моделирования устройств сверхвысоких частот (СВЧ); | <ul style="list-style-type: none"> • владеет первичными навыками работы в пакетах прикладных программ для схемотехнического моделирования устройств сверхвысоких частот (СВЧ); |
| Хорошо (базовый уровень) | <ul style="list-style-type: none"> • имеет представление об основных принципах схемотехнического моделирования устройств сверхвысоких частот (СВЧ); | <ul style="list-style-type: none"> • свободно использовать пакеты прикладных программ схемотехнического моделирования устройств сверхвысоких частот (СВЧ); | <ul style="list-style-type: none"> • частично владеет первичными навыками работы в пакетах прикладных программ для схемотехнического моделирования устройств сверхвысоких частот (СВЧ); |
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | <ul style="list-style-type: none"> • даёт определения основным принципам схемотехнического моделирования устройств сверхвысоких частот (СВЧ); | <ul style="list-style-type: none"> • показывает неполное, недостаточное умение использовать пакеты прикладных программ схемотехнического моделирования устройств сверхвысоких частот (СВЧ); | <ul style="list-style-type: none"> • демонстрирует неполное владение первичными навыками работы в пакетах прикладных программ для схемотехнического моделирования устройств сверхвысоких частот (СВЧ); |

2.2 Компетенция ПК-3

ПК-3: способностью осуществлять проектирование конструкций электронных средств с применением современных САПР и пакетов прикладных программ.

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 | физическую сущность волновых процессов, происходящих в устройствах СВЧ, их математическое описание; | решать задачи анализа и расчёта характеристик устройств СВЧ; разрабатывать и обосновывать соответствующие | навыками разработки типовых устройств СВЧ. |

| | | | |
|----------------------------------|---|---|---|
| | | техническому заданию и современному уровню развития теории и техники устройств СВЧ для радиоэлектронных систем и комплексов; | |
| Виды занятий | <ul style="list-style-type: none"> • Интерактивные практические занятия; • Практические занятия; • Лабораторные занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Подготовка к экзамену; | <ul style="list-style-type: none"> • Интерактивные практические занятия; • Практические занятия; • Лабораторные занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Подготовка к экзамену; | <ul style="list-style-type: none"> • Интерактивные практические занятия; • Лабораторные занятия; • Самостоятельная работа; |
| Используемые средства оценивания | <ul style="list-style-type: none"> • Контрольная работа; • Отчет по лабораторной работе; • Опрос на занятиях; • Экзамен; • Конспект самоподготовки; • Экзамен; | <ul style="list-style-type: none"> • Контрольная работа; • Отчет по лабораторной работе; • Опрос на занятиях; • Экзамен; • Конспект самоподготовки; • Экзамен; | <ul style="list-style-type: none"> • Отчет по лабораторной работе; • Экзамен; • 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) | <ul style="list-style-type: none"> • Знает основные принципы проектирования конструкции электронных средств с применением современных САПР и пакетов прикладных программ; | <ul style="list-style-type: none"> • свободно разрабатывать и проектировать конструкции электронных средств с применением современных САПР и пакетов прикладных программ; | <ul style="list-style-type: none"> • владеет навыками проектирования конструкций электронных средств с применением современных САПР и пакетов прикладных программ; |
| Хорошо (базовый уровень) | <ul style="list-style-type: none"> • Имеет представление об основных принципах проектирования конструкции электронных средств с применением современных САПР и пакетов прикладных программ; | <ul style="list-style-type: none"> • самостоятельно разрабатывать и проектировать конструкции электронных средств с применением современных САПР и пакетов прикладных программ; | <ul style="list-style-type: none"> • частично владеет навыками проектирования конструкций электронных средств с применением современных САПР и пакетов прикладных программ; |
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | <ul style="list-style-type: none"> • Даёт определения основным принципам проектирования | <ul style="list-style-type: none"> • показывает недостаточные навыки разработки и | <ul style="list-style-type: none"> • демонстрирует неполное, недостаточное владение |

| | | | |
|--|---|--|---|
| | конструкции электронных средств с применением современных САПР и пакетов прикладных программ; | проектирования конструкции электронных средств с применением современных САПР и пакетов прикладных программ; | навыками проектирования конструкций электронных средств с применением современных САПР и пакетов прикладных программ; |
|--|---|--|---|

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

– Изучение теоретического материала, подготовка к практическим занятиям, лабораторным и контрольным работам по темам: 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 опросов на занятиях

– Основные типы фидерных линий (двухпроводные, коаксиальные, полосковые, щелевые, волноводные, диэлектрические, с поверхностной волной, волоконно-оптические), их параметры и характеристики. Трансформация сопротивлений в линии с нагрузкой. Круговая диаграмма полных сопротивлений и проводимостей. Способы узкополосного и широкополосного согласования, реактивные согласующие цепи и элементы. Математическая модель линий передачи СВЧ. Волновой и классический подходы. Матричное описание и методы расчёта пассивных устройств СВЧ. Пассивные устройства фидерных трактов СВЧ (реактивные и согласованные нагрузки, переходы, аттенуаторы, фазовращатели, фильтры, вентили, циркуляторы, делители, направленные ответвители, резонаторы, управляемые устройства). Их технические параметры и характеристики, методы расчёта, конструкции, назначения. Принцип декомпозиции анализа сложных устройств. Каскадное соединение базовых элементов многополюсников. Основы автоматизированного проектирования разрабатываемых СВЧ устройств с использованием современных универсальных пакетов прикладных программ и систем автоматизированного проектирования Скалярные и векторные анализаторы параметров цепей. Измерения параметров СВЧ устройств в коаксиальном тракте. Измерения параметров СВЧ устройств на пластине. Измерения параметров материалов на СВЧ.

3.3 Экзаменационные вопросы

– 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 пара-метры. 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 основного. 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 со-противление, погонные параметры. Условие работы на волне основного типа в коаксиальной линии. Мар-кировка 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 сопротивление, передаваемая мощность. Технология изготовления и стандарты. Применения. 9. Волноводы круглого сечения. Типы волн, критические длины волн. Волна основного типа, условие ее существования, структура поля, характеристическое и волновое сопротивление, передаваемая мощность. Технология 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 диапазонах фидеров. Понятия эквивалентных линий и схем. Волновой и классический подходы, связь между ними. 12. Коэффициент отражения от нагрузки, КБВ, КСВ, сопротивление линии и соотношение между ними. Поведение 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. Поведение модуля коэффициента отражения в идеальных и реальных линиях. Режимы в ЛП и их связь с сопротивлением 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 коэффициента отражения от нагрузки. Сопротивление линии в резонансных сечениях и связь их с КСВ и КБВ. 16. Узкополосное согласование активных нагрузок. Четвертьволновые понижающие и повышающие трансформаторы, 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, последовательное 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 подходы 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, испытательные режимы. Применения. 27. Идеальные и реальные матрицы. Матрица рассеяния идеального вентиля, физический смысл ее элементов. 28. Фундаментальные свойства матриц: взаимности, симметрии, недиссипативности; 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, назначение и применения.

3.4 Темы контрольных работ

– 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.

3.5 Темы лабораторных работ

- Трансформация сопротивлений в линии с нагрузкой и способы её согласования.
- Конструкции, электрические параметры и характеристики устройств СВЧ
- Методы измерений основных параметров и характеристик устройств и материалов СВЧ.

4 Методические материалы

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

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

4.1. Основная литература

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

4.2. Дополнительная литература

1. Устройства СВЧ и антенны: Учебник для вузов/ Д.И. Воскресенский и др. – М.: Радиотехника, 2006. – 375с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 20 экз.)
2. Радиоизмерительная аппаратура СВЧ и КВЧ. Узловая и элементная базы / под ред.: А. М. Кудрявцева. – М.: Радиотехника, 2006. – 205 с (наличие в библиотеке ТУСУР - 20 экз.)
3. Сверхширокополосные микроволновые устройства / под ред. А. П. Креницкого, В. П. Мещанова. – М.: Радио и связь, 2001. – 560 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 33 экз.)
4. Сазонов Д.М. Антенны и устройства СВЧ: Учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 1988. – 432с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 17 экз.)
5. Фрадин А.З. Антенно-фидерные устройства. – М.: Связь, 1977. – 440с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 17 экз.)

4.3. Учебно-методическое пособие и программное обеспечение

1. ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ВОЛНОВОДНОГО ТРАКТА И СОГЛАСОВАНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЙ НАГРУЗОК: Руководство к лабораторной работе / Соколова Ж. М. - 2011. 17 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/publications/132>, свободный.
2. ИССЛЕДОВАНИЕ ОБЪЁМНОГО РЕЗОНАТОРА: Руководство к лабораторной работе / Падусова Е. В., Соколова Ж. М. - 2011. 18 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/publications/131>, свободный.
3. Исследование ферритовых вентилях 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. Скалярный анализатор параметров цепей p2m: Руководство к лабораторной работе / Гошин Г. Г., Фатеев А. В. - 2013. 47 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/publications/3729>, свободный.
5. Измерение ϵ и tg δ диэлектрических материалов резонаторным методом: Руководство к выполнению лабораторной работы / Гошин Г. Г., Фатеев А. В. - 2013. 18 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/publications/3728>, свободный.
6. Антенны и фидеры: Сборник задач с формулами и решениями / Гошин Г. Г. - 2012. 237 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/publications/2795>, свободный.
7. 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.

4.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы

1. <http://www.cst.com>
2. <http://www.keysight.com>