

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: 1сбсfa0a-52a6-4f49-aef0-5584d3fd4820

Владелец: Троян Павел Ефимович

Действителен: с 19.01.2016 по 16.09.2019

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

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

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

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

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 сопротивление, эквивалентные сечения). Основные характеристики линий передачи (типы волн, дисперсия, волновое и характеристическое сопротивление, 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. Атенюаторы. 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

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 вентиляей и циркуляторов.	4	ОПК-4, ПК-2
	Исследование объёмного резонатора.	4	
	Итого	8	

4 Измерения параметров и характеристик устройств и материалов в диапазоне СВЧ	Скалярный анализатор параметров цепей P2M.	4	ОПК-4, ПК-2
	Измерение ϵ и $\text{tg}\delta$ 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

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		

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)
65 - 69	E (посредственно)	
3 (удовлетворительно) (зачтено)		60 - 64
2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

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.: Радиотехника, 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 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>, 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 p2m: 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 $\text{tg}\delta$ диэлектрических материалов резонаторным методом: Руководство к выполнению лабораторной работы / Гошин Г. Г., Фатеев А. В. - 2013. 18 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <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;

– 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 видеовеличителей для удаленного просмотра.

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

14. Фонд оценочных средств

14.1. Основные требования к фонду оценочных средств и методические рекомендации

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

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

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

Таблица 14 – Дополнительные средства оценивания для студентов с инвалидностью

Категории студентов	Виды дополнительных оценочных средств	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами
С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами, исходя из состояния обучающегося на момент проверки

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

Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- методом чтения ассистентом задания вслух;
- предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге;
- набор ответов на компьютере;
- набор ответов с использованием услуг ассистента;
- представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

При необходимости для обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П. Е. Троян
«__» _____ 20__ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Микроволновая техника

Уровень образования: **высшее образование - магистратура**

Направление подготовки (специальность): **11.04.01 Радиотехника**

Направленность (профиль): **Радиотехнические 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

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-

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	<ul style="list-style-type: none"> • Практические занятия; • Лабораторные работы; • Лекции; • Самостоятельная работа; 	<ul style="list-style-type: none"> • Практические занятия; • Лабораторные работы; • Лекции; • Самостоятельная работа; 	<ul style="list-style-type: none"> • Лабораторные работы; • Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	<ul style="list-style-type: none"> • Домашнее задание; • Конспект самоподготовки; • Реферат; • Дифференцированный зачет; 	<ul style="list-style-type: none"> • Домашнее задание; • Конспект самоподготовки; • Реферат; • Дифференцированный зачет; 	<ul style="list-style-type: none"> • Домашнее задание; • Реферат; • 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)	<ul style="list-style-type: none"> • Знает физические основы построения и функционирования микроволновых устройств и систем; 	<ul style="list-style-type: none"> • Умеет свободно оформлять, представлять, докладывать и аргументированно защищать результаты выполнения работы; 	<ul style="list-style-type: none"> • Владеет методами расчёта параметров и характеристик микроволновых устройств и систем, основами их разработки и проектирования;
Хорошо (базовый уровень)	<ul style="list-style-type: none"> • Имеет представление о физических основах построения и функционирования микроволновых устройств и систем ; 	<ul style="list-style-type: none"> • Умеет самостоятельно оформлять, представлять, докладывать и аргументированно защищать результаты выполнения работы; 	<ul style="list-style-type: none"> • Частично владеет методами расчёта параметров и характеристик микроволновых устройств и систем, основами их разработки и проектирования;

Удовлетворительно (пороговый уровень)	<ul style="list-style-type: none"> • Дает определения физических основ построения и функционирования микроволновых устройств и систем ; 	<ul style="list-style-type: none"> • Показывает неполное, недостаточное умение оформлять, представлять, докладывать и аргументированно защищать результаты выполнения работы; 	<ul style="list-style-type: none"> • 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	<ul style="list-style-type: none"> • Практические занятия; • Лабораторные работы; • Лекции; • Самостоятельная работа; 	<ul style="list-style-type: none"> • Практические занятия; • Лабораторные работы; • Лекции; • Самостоятельная работа; 	<ul style="list-style-type: none"> • Лабораторные работы; • Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	<ul style="list-style-type: none"> • Домашнее задание; • Конспект самоподготовки; • Отчет по лабораторной работе; • Реферат; • Дифференцированный зачет; 	<ul style="list-style-type: none"> • Домашнее задание; • Конспект самоподготовки; • Отчет по лабораторной работе; • Реферат; • Дифференцированный зачет; 	<ul style="list-style-type: none"> • Отчет по лабораторной работе; • Домашнее задание; • Реферат; • 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)	<ul style="list-style-type: none"> • Знает основные методы расчёта параметров и характеристик микроволновых устройств и систем; 	<ul style="list-style-type: none"> • Умеет свободно оформлять, представлять, докладывать и аргументированно защищать результаты выполнения работы; 	<ul style="list-style-type: none"> • Владеет методами расчёта параметров и характеристик микроволновых устройств и систем, основами их разработки и проектирования;
Хорошо (базовый)	<ul style="list-style-type: none"> • Имеет представление 	<ul style="list-style-type: none"> • Умеет самостоятель- 	<ul style="list-style-type: none"> • Частично владеет ме-

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;
Удовлетворительный (пороговый уровень)	<ul style="list-style-type: none"> • Дает определения основных методов расчёта параметров и характеристик микроволновых устройств и систем ; 	<ul style="list-style-type: none"> • Показывает неполное, недостаточное умение оформлять, представлять, докладывать и аргументированно защищать результаты выполнения работы; 	<ul style="list-style-type: none"> • 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	<ul style="list-style-type: none"> • Практические занятия; • Лабораторные работы; • Лекции; • Самостоятельная работа; 	<ul style="list-style-type: none"> • Практические занятия; • Лабораторные работы; • Лекции; • Самостоятельная работа; 	<ul style="list-style-type: none"> • Лабораторные работы; • Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	<ul style="list-style-type: none"> • Домашнее задание; • Конспект самоподготовки; • Отчет по лабораторной работе; • Реферат; • Дифференцированный зачет; 	<ul style="list-style-type: none"> • Домашнее задание; • Конспект самоподготовки; • Отчет по лабораторной работе; • Реферат; • Дифференцированный зачет; 	<ul style="list-style-type: none"> • Отчет по лабораторной работе; • Домашнее задание; • Реферат; • 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
--------	-------	-------	---------

Отлично (высокий уровень)	<ul style="list-style-type: none"> • основы работы со стандартными пакетами прикладных программ для моделирования объектов и процессов в микроволновых устройствах и системах;; 	<ul style="list-style-type: none"> • самостоятельно пользоваться стандартными пакетами прикладных программ для моделирования объектов и процессов в микроволновых устройствах и системах;; 	<ul style="list-style-type: none"> • навыками для самостоятельного пользования стандартными пакетами прикладных программ для моделирования объектов и процессов в микроволновых устройствах и системах;;
Хорошо (базовый уровень)	<ul style="list-style-type: none"> • имеет представление о работе со стандартными пакетами прикладных программ для моделирования объектов и процессов в микроволновых устройствах и системах;; 	<ul style="list-style-type: none"> • пользоваться стандартными пакетами прикладных программ для моделирования объектов и процессов в микроволновых устройствах и системах с помощью справочных материалов.; 	<ul style="list-style-type: none"> • навыками для пользования стандартными пакетами прикладных программ для моделирования объектов и процессов в микроволновых устройствах и системах, используя справочные материалы;;
Удовлетворительно (пороговый уровень)	<ul style="list-style-type: none"> • знаком со стандартными пакетами прикладных программ для моделирования объектов и процессов в микроволновых устройствах и системах;; 	<ul style="list-style-type: none"> • пользоваться стандартными пакетами прикладных программ для моделирования объектов и процессов в микроволновых устройствах и системах со сторонней помощью.; 	<ul style="list-style-type: none"> • 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.

- 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. Атенюаторы. 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 параметры.

- 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 фазовая скорость, волновое сопротивление, погонные параметры. Условие работы на волне основного типа в коаксиальной линии. Маркировка коаксиальных кабелей.

- 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.

3.5 Темы лабораторных работ

– Исследование ферритовых вентилях и циркуляторов.

– Скалярный анализатор параметров цепей P2M.

– Исследование объемного резонатора.

– Измерение ϵ и $\text{tg}\delta$ 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-

ков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования 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.: Радиотехника, 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 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. 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 p2m: 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 $\text{tg}\delta$ диэлектрических материалов резонаторным методом: Руководство к выполнению лабораторной работы / Гошин Г. Г., Фатеев А. В. - 2013. 18 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <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/>