Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе

_____ П.Е. Троян

«___» _____ 2016 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Устройства сверхвысокой частоты и антенны»

Уровень основной образовательной программы Бакалавриат

Направление подготовки 11.03.01 – Радиотехника

Профиль «Радиотехнические средства передачи, приёма и обработки сигналов»

Форма обучения очная

Факультет Радиотехнический

Кафедра Радиоэлектроники и защиты информации (РЗИ)

Курс третий **Семестр** шестой

Учебный план набора 2013 - 2015 годов и последующих лет

Распределение рабочего времени:

№	Виды учебной работы	Семестр 6	Всего	Единицы
1.	Лекции	24	24	часов
2.	Лабораторные работы	18	18	часов
3.	Практические занятия	18	18	часов
4.	Курсовой проект/работа (КРС) (аудиторная)	-	-	часов
5.	Всего аудиторных занятий (Сумма 1-4)	60	60	часов
6.	Из них в интерактивной форме	14	14	часов
7.	Самостоятельная работа студентов (СРС)	48	48	часов
8.	Всего (без экзамена) (Сумма 5,7)	108	108	часов
9.	Самост. работа на подготовку, сдачу экзамена	36	36	часов
10.	Общая трудоёмкость (Сумма 8,9)	144	144	часов
	(в зачётных единицах)	4	4	

Зачёт нет семестр **Диф. зачёт** нет семестр

Экзамен шестой семестр

Томск 2016

Согласована на портале № 8143

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 9 от «30» 5 2016 г.

Лист согласований

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 11.03.01 «Радиотехника (уровень бакалавриата)», утверждённого 06 03 2015 г. № 179, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры СВЧиКР «30» мая 2016 г., протокол № 9.

Разработчик профессор каф. СВЧиКР _____ Гошин Г.Г.
(должность, кафедра) (подпись) (Ф.И.О.)

Зав. кафедрой СВЧиКР _____ Шарангович С.Н.
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа согласована с факультетом, профилирующей и выпускающей кафедрами.

Декан РТФ _____ Попова К.Ю.
(подпись) (Ф.И.О.)

Зав. профилирующей кафедрой РЗИ _____ Задорин А.С.
(подпись) (Ф.И.О.)

Зав. выпускающей кафедрой РЗИ _____ Задорин А.С.
(подпись) (Ф.И.О.)

Эксперты:

ТУСУР, каф. ТОР доцент _____ С.И. Богомолов
(место работы) (анимаемая должность) (подпись) (инициалы, фамилия)

ТУСУР, каф. РЗИ доцент _____ М.Ю. Покровский
(место работы) (занимаемая должность) (подпись) (инициалы, фамилия)

Согласована на портале № 8143

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью преподавания дисциплины «Устройства СВЧ и антенны» является подготовка бакалавров в области разработки и обеспечения функционирования устройств СВЧ и антенн в радиотехнических средствах передачи, приёма и обработки сигналов.

Задачами дисциплины являются изучение:

- основных типов фидерных линий, устройств СВЧ и антенн, их параметров и характеристик;
- конструкций элементов фидерного тракта, устройств СВЧ и антенн;
- способов согласования устройств СВЧ и антенн в фидерном тракте;
- описания устройств СВЧ посредством матричного аппарата;
- методов расчёта основных типов антенн.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Б1.Б.21 - базовая часть профессионального цикла.

3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- способностью решать задачи анализа и расчета характеристик электрических цепей (ОПК-3);
- готовностью выполнять расчёт и проектирование деталей, узлов и устройств радиотехнических систем в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования (ПК-6).

В результате изучения дисциплины студенты должны:

знать:

- основные методы решения задач анализа и расчёта параметров и характеристик фидерных линий, устройств СВЧ и антенн (ОПК-3);

уметь:

- в соответствии с техническим заданием выполнять расчёт и математическое моделирование устройств СВЧ и антенн с использованием стандартных пакетов прикладных программ (ПК-6);

владеть:

- основными методами расчёта, математического моделирования и экспериментальных исследований параметров и характеристик фидерных линий, устройств СВЧ и антенн (ОПК-3, ПК-6).

Согласована на портале № 8143

4. ОБЪЁМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет **4** зачётных единицы.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр
		6
Аудиторные занятия (всего)	**60**	**60**
в том числе:		
Лекции	24	24
Лабораторные работы	18	18
Практические занятия	18	18
Самостоятельная работа (всего)	**48**	**48**
в том числе:		
Проработка лекционного материала.	14	14
Подготовка к практическим занятиям, контрольным работам, тестированию.	16	16
Подготовка к лабораторным работам и составление отчётов	18	18
Экзамен	**36**	**36**
Общая трудоёмкость	**144**	**144**
Зачётные единицы трудоёмкости	**4**	**4**

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекции	Лаб. работы	Практ. занятия	СРС	Всего часов	Формируемые компетенции (ОК, ПК)
	Фидерные линии и пассивные устройства СВЧ	12	6	10	22	50	ОПК-3, ПК-6
1	Электромагнитные волны в направляющих системах	2			1	3	
2	Линии передачи с Т-волной, волноводные и оптоволоконные линии	2		4	4	10	
3	Линии передачи конечной длины. Согласование	3		4	5	12	
4	Многополюсники СВЧ и волновые матрицы	2		2	4	8	
5	Пассивные устройства СВЧ	3	6		8	17	
	Антенны	12	12	8	26	58	ОПК-3, ПК-6
6	Параметры передающих и приёмных антенн	2		2	4	8	
7	Вибраторные антенны	2		2	3	7	
8	Линейные непрерывные и дискретные системы, антенны бегущей волны	2	4		5	11	
9	Апертурные антенны	2	8	2	10	22	

Согласована на портале № 8143

10	Антенные решётки	2		2	3	7	
11	Особенности антенн различного назначения и диапазонов	2			1	3	
Итого		**24**	**18**	**18**	**48**	**108**	

5.2. Содержание разделов лекционного курса

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Трудоёмкость (час.)	Формируемые компетенции (ОК, ПК)
	Фидерные линии и пассивные устройства СВЧ		**12**	ОПК-3
1	Электромагнитные волны в направляющих системах	Направляющие системы и направляемые волны, типы волн, критические частоты, характеристики.	2	
2	Линии передачи с Т-волной, волноводные и оптоволоконные линии	Линии с Т-волнами (двухпроводные, коаксиальные, полосковые), металлические и диэлектрические волноводы, оптоволоконные линии. Структуры полей, технические характеристики, применения.	2	
3	Линии передачи конечной длины. Согласование	Коэффициент отражения, распределение амплитуд напряжений и токов при различных нагрузках, входное сопротивление отрезка линии. Диаграмма Вольперта-Смита. Узкополосное и широкополосное согласование	3	
4	Многополюсники СВЧ и волновые матрицы	Волновые матрицы рассеяния и передачи. Свойства взаимности, симметрии и недиссипативности. Соответствие физических свойств многополюсников и математических свойств их матриц рассеяния.	2	
5	Пассивные устройства СВЧ	Характерные двух-, четырёх-, шести-, восьмиполюсники и их свойства, описываемые ими устройства. Принцип декомпозиции и каскадные соединения. Нагрузки согласованные и фиксированные, аттенюаторы, фазовращатели, согласованные переходы, делители мощности, ферритовые вентили и циркуляторы, направленные ответвители.	3	
	Антенны		**12**	ОПК-3
6	Параметры передающих и приёмных антенн	Дальняя, промежуточная и ближняя зоны поля излучения антенн. Комплексная векторная диаграмма направленности, КНД, коэффициент усиления, действующая высота антенны. Теорема взаимности применительно к приёмным антеннам. Цепь приёмной антенны и мощность, поступающая в нагрузку. Шумовая температура.	2	
7	Вибраторные антенны	Распределение тока и заряда в симметричном вибраторе. Диаграмма направленности, сопротивление излучения и КНД симметричного вибратора. Входное сопротивление. Типы вибраторов: петлеобразный, щелевой, штыревой, способы их питания. Способы расширения рабочего диапазона вибраторов. Связанные вибраторы. Печатные слабонаправленные антенны. Применения.	2	
8	Линейные непрерывные и дискретные системы, антенны бегущей волны	Линейные непрерывные и дискретные системы. Множитель направленности. Способы подавления дифракционных максимумов. Директорные и логопериодические антенны. Диэлектрические и спиральные антенны. Применения.	2	

Согласована на портале № 8143

9	Апертурные антенны	Внешняя и внутренняя задачи анализа апертурных антенн и методы их решения. Волноводные и рупорные антенны. Линзовые и зеркальные антенны, их разновидности. Конструкции и характеристики, применения.	2	
10	Антенные решётки	Антенные решётки. Теорема о перемножении диаграмм направленности однотипных элементов решётки. Анализ множителя решетки. Поверхностные антенные решётки. Фазированные антенные решётки, сканирующие и многолучевые. Схемы питания. Применения.	2	
11	Особенности антенн различного назначения и диапазонов	Спутниковые антенны для обслуживания зон с контурными границами. Передающие и приёмные антенны для телерадиовещания. Вопросы миниатюризации антенн, активные антенны. Расчёт дальности передачи радиоканала. Проблема электромагнитной совместимости применительно к антеннам.	2	

5.3 Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

№ п/п	Наименование обеспечивающих (предыдущих) и обеспечиваемых (последующих) дисциплин	№ № разделов данной дисциплины из табл.5.1, для которых необходимо изучение обеспечивающих (предыдущих) и обеспечиваемых (последующих) дисциплин										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Предшествующие дисциплины												
1	Основы теории цепей		+		+							
2	Электродинамика и распространение радиоволн	+	+			+						
Последующие дисциплины												
1	Проектирование радиотехнических систем		+	+		+	+			+	+	+
2	Проектирование устройств приёма и обработки сигналов					+	+				+	+

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

Компетенции	Л	ЛР	П	СРС	Формы контроля
ОПК-3	+	-	-	+	Опрос на лекциях, контрольные работы, тесты. Экзамен.
ПК-6	-	+	+	+	Опрос на лабораторных работах и практических занятиях. Своевременное выполнение заданий по практическим занятиям, защита отчётов по лабораторным работам. Контрольные работы, тесты.

Л – лекция, ЛР – лабораторная работа, П – практика, СРС – самостоятельная работа студента.

Согласована на портале № 8143

6. МЕТОДЫ И ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ. ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕРАКТИВНОГО ОБУЧЕНИЯ

Для успешного освоения дисциплины применяются различные образовательные технологии, которые обеспечивают достижение планируемых результатов обучения согласно основной образовательной программе и с учётом требований к объёму занятий в интерактивной форме.

Формы / **Методы**	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Всего
Обратная связь (опросы на лекциях, на практических занятиях, при проведении лабораторных работ)	2	2	4	8
Работа в команде (выполнение лабораторных работ, составление и защита отчётов)	–	4	–	4
Итого интерактивных занятий	2	6	4	**12**

7. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ (18 часов)

№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоёмкость (час.)	ОК, ПК
5 - 9	Скалярный анализатор параметров цепей Р2М	2	ПК-6
5	Исследование ферритовых вентилей и циркуляторов	4	
8	Исследование диэлектрических антенн	4	
9	Исследование диаграммы направленности параболической антенны по измерениям поля в дальней и ближней зонах	4	
9	Исследование влияния распределения поля в раскрыве антенны на её диаграмму направленности	4	

8. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ (18 часов)

№ раздела дисциплины	Наименование практических занятий (по 2 час.)	Трудоёмкость (час.)	ОК, ПК
2	Линии передачи с Т-волнами. Волноводы.	2	ОПК-3, ПК-6
3	Нагруженные отрезки фидеров.	2	
3	Узкополосное и широкополосное согласование.	2	
1-3	Контрольная работа «Фидерные тракты»	2	
6	Параметры и характеристики антенн	2	
7	Вибраторные антенны	2	
9	Апертурные антенны	2	
10	Антенные решётки	2	
6-11	Тесты «Антенны». Обсуждение результатов	2	

Согласована на портале № 8143

9. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА(48 часов)

№ п/п	Разделы дисциплины из табл. 5.1	Тематика самостоятельной работы *(детализация)*	Трудоёмкость (час.)	Компетенции	Контроль выполнения работы
1.	1 - 11	Проработка лекционного материала.	12	ОПК-3,	Конспекты, опросы, контрольные работы, тесты.
2.	1-11	Подготовка к практическим занятиям, лабораторным работам, контрольным работам, тестированию.	36	ОПК-3, ПК-6	Проверка домашних заданий, отчётов по лабораторным работам, контрольных работ, тестов.
Всего			**48**		

10. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ)

Не предусмотрены учебным планом

11. БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА

МЕТОДИКА ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Осуществляется в соответствии с **Положением о порядке использования рейтинговой системы для оценки успеваемости студентов** (приказ ректора 25.02.2010 № 1902) и основана на балльно-рейтинговой системе оценки успеваемости, которая включает **текущий** контроль выполнения элементов объема дисциплины по элементам контроля с подведением текущего рейтинга.

Правила формирования пятибалльных оценок за каждую контрольную точку (КТ1, КТ2) осуществляется путем округления величины, рассчитанной по формуле:

$$КТх\big|_{x=1,2} = \frac{(Сумма_баллов, _набранная_к_КТх)*5}{Требуемая_сумма_баллов_по_балльной_раскладке}$$

Итоговый контроль освоения дисциплины осуществляется на экзамене по традиционной пятибалльной шкале. Обязательным условием перед сдачей экзамена является выполнение студентом необходимых по рабочей программе для дисциплины видов занятий: выполнение и защита результатов лабораторных работ, выполнение контрольных работ и заданий на практических занятиях.

Экзаменационный билет содержит два вопроса. Максимальная оценка за каждый вопрос составляет 15 баллов. Максимальная экзаменационная оценка составляет 30 баллов. Экзаменационная составляющая менее 10 баллов – экзамен не сдан, требует повторной пересдачи в установленном порядке.

Формирование итоговой суммы баллов осуществляется путем суммирования семестровой (до 70 баллов) и экзаменационной составляющих (до 30 баллов).

Таблица 11.1 Распределения баллов в семестре

Элементы учебной деятельности	Максимальный балл на 1-ую контрольную точку с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
Посещение занятий	4	3	3	**10**
Контрольная работа «Фидерные тракты»	6	0	0	**6**
Выполнение расчётных заданий по темам практических занятий	6	5	5	**16**
Тесты «Антенны». Обсуждение результатов	0	0	6	**6**
Выполнение и защита лаборатор-	0	16	4	**20**

Согласована на портале № 8143

ных работ				
Компонент своевременности	4	4	4	**12**
Итого максимум за период:	**20**	**28**	**22**	**70**
Сдача экзамена (максимум)				**30**
Нарастающим итогом	**20**	**48**	**70**	**100**

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

12. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.

12.1. Основная литература

1. Устройства СВЧ и антенны [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Замотринский В. А., Шангина Л. И. – Томск: ТУСУР, 2012. – 223 с. Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/712
2. Гошин Г.Г. Антенны: [Электронный ресурс] Учебное пособие. – Томск: ТУСУР. 2012, – 145 с. Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/2794
3. Устройства СВЧ и антенны. Проектирование фазированных антенных решеток/ под ред. Д.И. Воскресенского. – М.: Радиотехника, 2012. – 744с. (10 экз.)

12.2. Дополнительная литература

1. Устройства СВЧ и антенны: Учебник для вузов/ Д.И. Воскресенский и др. – М.: Радиотехника, 2006. – 375с. (20 экз.)
2. Сазонов Д.М. Антенны и устройства СВЧ: Учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 1988. – 432с. (18 экз.)
3. Устройства СВЧ и антенны. Проектирование фазированных антенных решеток/ под ред. Д.И. Воскресенского. – М.: Радиотехника, 2003. – 632с. (21 экз.)
4. Техническая электродинамика: Учебное пособие для вузов/ Ю.В. Пименов и др. – М.: Радио и связь, 2002. – 536 с. (22 экз.)
5. Сверхширокополосные микроволновые устройства/ под ред. А. П. Креницкого, В. П. Мещанова. – М.: Радио и связь, 2001. – 560 с. (33 экз.)
6. Фрадин А.З. Антенно-фидерные устройства. – М.: Связь, 1977. – 440с. (19 экз.)
7. Антенны УКВ/ под ред. Г.З. Айзенберга. Ч.1. – М.: Связь, 1977. – 384с. (25 экз.)
8. Антенны УКВ/ под ред. Г.З. Айзенберга. Ч.2. – М.: Связь, 1977. – 288с. (26 экз.)

12.3. Перечень методических указаний по лабораторным работам, практическим занятиям и самостоятельной работе

9. Гошин Г.Г. Антенны и фидеры. Сборник задач с формулами и решениями [Электронный ресурс]: Учебное пособие. – Томск: ТУСУР, – 2012, – 237с. Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/2795
10. Устройства СВЧ и антенны [Электронный ресурс]: Учебное методическое пособие / Гошин Г.Г., Замотринский В. А., Шангина Л. И. Томск: ТУСУР, – 2012. – 163 с. Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/715
11. Скалярный анализатор параметров цепей Р2М [Электронный ресурс]: Руководство к лабораторной работе/ Г.Г. Гошин, А.В. Фатеев. – Томск: ТУСУР – 2013 – 47 с. – Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/3729
12. Исследование влияния распределения поля в раскрыве антенны на её диаграмму направленности [Электронный ресурс]: Руководство к лабораторной работе / Гошин Г. Г. Фатеев А.В., Шангина Л.И.– Томск: ТУСУР, 2013. – 28 с. Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/3699
13. Исследование диаграммы направленности параболической антенны по измерениям поля в

Согласована на портале № 8143

дальней и ближней зонах [Электронный ресурс]: Руководство к лабораторной работе / Гошин Г.Г., Фатеев А.В. – Томск: ТУСУР, 2013. – 18 с. Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/3700
14. Исследование коэффициента усиления рупорных антенн [Электронный ресурс]: Руководство к лабораторной работе / Гошин Г.Г., Фатеев А.В. – Томск: ТУСУР, 2013. – 27 с. Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/3723
15. Исследование диэлектрических антенн [Электронный ресурс]: Руководство к лабораторной работе / Гошин Г.Г., Фатеев А.В. – Томск: ТУСУР, 2013. – 23 с. Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/3722
16. Исследование ферритовых вентилей и циркуляторов [Электронный ресурс]: Руководство к лабораторной работе // Падусова Е. В., Соколова Ж. М., Никифоров А.Н., Фатеев А.В. – Томск: ТУСУР, 2013. – 27 с. Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/3730
17. Устройства СВЧ и антенны [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие по организации самостоятельной работы студентов / Г. Г. Гошин – Томск: ТУСУР, 2010. – 42 с. Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/7

13. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.

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

14. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.

Объём часов, предусмотренных учебным планом для изучения дисциплины, позволяет осветить только наиболее важные моменты и раскрыть базовые понятия при чтении лекций. Поэтому при реализации программы студенты должны работать самостоятельно как при повторении лекционного материала, так и при подготовке к лабораторным и практическим занятиям, к контрольной работе или коллоквиуму. Для обеспечения эффективного усвоения студентами материалов дисциплины необходимо на первом занятии познакомить их с основными положениями и требованиями рабочей программы, с подлежащими изучению темами, списком основной и дополнительной литературы, с положениями балльно-рейтинговой системы оценки успеваемости. На лекциях необходимо обращать внимание на особенности применения рассматриваемого материала в последующих курсах, а также в будущей профессиональной деятельности. В учебном процессе применяются интерактивные методы обучения для увеличения заинтересованности студентов и повышения их компетенций.

Согласована на портале № 8143

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П.Е. Троян
«___» _____ 2016 г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
«УСТРОЙСТВА СВЕРХВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ И АНТЕННЫ»

Уровень основной образовательной программы бакалавриат

Направление подготовки 11.03.01 Радиотехника

Профили Микроволновая техника и антенны
Радиотехнические средства передачи, приёма и обработки сигналов
Аудиовизуальная техника

Форма обучения очная

Факультет Радиотехнический

Кафедра Сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники (СВЧиКР)

Курс 3 **Семестр 6**

Учебный план набора 2013, 2014, 2015 годов и последующих лет

Разработчик:

Проф. Каф. СВЧ и КР Гошин Г.Г.

Зачет ___ **семестр** **Диф. зачет** _____ **семестр**

Экзамен 6 **семестр**

Томск 2016

Согласована на портале № 8143

1 Введение

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе дисциплины «Устройства сверхвысокой частоты и антенны» и представляет собой совокупность контрольно-измерительных материалов (контрольные работы, тесты и др.) и методов их использования, предназначенных для измерения уровня достижения студентом установленных результатов обучения.

ФОС по дисциплине «Устройства сверхвысокой частоты и антенны» используется при проведении текущего контроля успеваемости (контрольные точки) и промежуточной аттестации (зачет) студентов.

Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций

Код	Формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции
ОПК-3	способность решать задачи анализа и расчета характеристик электрических цепей	**знать**: – принципы действия, основные параметры и характеристики, конструкции и назначение типовых устройств СВЧ и антенн для радиотехнических средств передачи, приёма и обработки сигналов:; **уметь**: – выполнять математическое моделирование устройств СВЧ и антенн по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ; **владеть**: – основными методами расчёта и экспериментальных исследований фидерных линий, устройств СВЧ и антенн ;.
ПК-6	готовность выполнять расчет и проектирование деталей, узлов и устройств радиотехнических систем в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования	**знать**: – принципы действия, основные параметры и характеристики, конструкции и назначение типовых устройств СВЧ и антенн для радиотехнических средств передачи, приёма и обработки сигналов:; **уметь**: – выполнять математическое моделирование устройств СВЧ и антенн по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ; **владеть**: – основными методами расчёта и экспериментальных исследований фидерных линий, устройств СВЧ и антенн .

2 Реализация компетенций

2.1 Компетенция ОПК-3

ОПК-3: способность решать задачи анализа и расчета характеристик электрических цепей.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов.

Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий, и используемые средства оценивания представлены в таблице 2.

Таблица 2 - 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 и антенн для радиотехнических средств передачи, приёма и обработки сигналов	выполнять математическое моделирование устройств СВЧ и антенн по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ	основными методами расчёта и экспериментальных исследований фидерных линий, устройств СВЧ и антенн
Виды	• Лекции	• Лекции	• Лекции

Согласована на портале № 8143

занятий	• Лабораторные занятия • Практические занятия. • Самостоятельная работа.	• Лабораторные занятия • Практические занятия. • Самостоятельная работа.	• Лабораторные занятия • Практические занятия. • Самостоятельная работа..
Используемые средства оценивания	• Конспект • Устный ответ • Контрольная работа • Экзамен	• Контрольная работа • Оформление отчетности и защита лабораторных работ; • Конспект самостоятельной работы. • Экзамен	• Защита лабораторных работ • Экзамен

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции на всех этапах приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции 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 выполнения 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

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 4.

Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Показатели и критерии	**Знать**	**Уметь**	**Владеть**
Отлично / зачтено (90-100 баллов)	Знает принципы действия, основные параметры и характеристики, конструкции и назначение типовых устройств СВЧ и антенн для радиотехнических средств передачи, приёма и обработки сигналов	Умеет свободно выполнять математическое моделирование устройств СВЧ и антенн по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ	Владеет основными методами расчёта и экспериментальных исследований фидерных линий, устройств СВЧ и антенн
Хорошо / зачтено (70-89 баллов)	Имеет представление о принципах действия, основных параметрах и характеристиках, конструкциях и назначении типовых устройств СВЧ и антенн для радиотехнических средств передачи, приёма и обработки сигналов	Самостоятельно выполнять математическое моделирование устройств СВЧ и антенн по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ	Частично владеет основными методами расчёта и экспериментальных исследований фидерных линий, устройств СВЧ и антенн

Согласована на портале № 8143

Удовлетворительно / зачтено (60-69 баллов)	Дает определения принципов действия, основных параметров и характеристик, конструкций и назначений типовых устройств СВЧ и антенн для радиотехнических средств передачи, приёма и обработки сигналов.	Показывает неполное, недостаточное умение выполнять математическое моделирование устройств СВЧ и антенн по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ	Демонстрирует неполное, недостаточное владение основными методами расчёта и экспериментальных исследований фидерных линий, устройств СВЧ и антенн

Примечание: количество баллов и перевод в традиционную оценку указано в соответствии с пунктом 11 Рабочей программы.

2.2 Компетенция ПК-6

ПК-6: готовность выполнять расчет и проектирование деталей, узлов и устройств радиотехнических систем в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования.

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	принципы действия, основные параметры и характеристики, конструкции и назначение типовых устройств СВЧ и антенн для радиотехнических средств передачи, приёма и обработки сигналов	выполнять математическое моделирование устройств СВЧ и антенн по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ	основными методами расчёта и экспериментальных исследований фидерных линий, устройств СВЧ и антенн
Виды занятий	• Лекции • Лабораторные занятия • Практические занятия. • Самостоятельная работа.	• Лекции • Лабораторные занятия • Практические занятия. • Самостоятельная работа.	• Лекции • Лабораторные занятия • Практические занятия. • Самостоятельная работа..
Используемые средства оценивания	• Конспект • Устный ответ • Контрольная работа • Экзамен	• Контрольная работа • Оформление отчетности и защита лабораторных работ; • Конспект самостоятельной работы. • Экзамен	• Защита лабораторных работ • Экзамен

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции на всех этапах приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции 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	Знает факты, принци-	Обладает диапазоном	Берет ответственность за

Согласована на портале № 8143

(базовый уровень)	пы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области	практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования	завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем
Удовлетворительно (пороговый уровень)	Обладает базовыми общими знаниями	Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач	Работает при прямом наблюдении

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 7.

Таблица 7 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Показатели и критерии	**Знать**	**Уметь**	**Владеть**
Отлично / зачтено (90-100 баллов)	Знает принципы действия, основные параметры и характеристики, конструкции и назначение типовых устройств СВЧ и антенн для радиотехнических средств передачи, приёма и обработки сигналов	Умеет свободно выполнять математическое моделирование устройств СВЧ и антенн по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ	Владеет основными методами расчёта и экспериментальных исследований фидерных линий, устройств СВЧ и антенн
Хорошо / зачтено (70-89 баллов)	Имеет представление о принципах действия, основных параметрах и характеристиках, конструкциях и назначении типовых устройств СВЧ и антенн для радиотехнических средств передачи, приёма и обработки сигналов	Самостоятельно выполнять математическое моделирование устройств СВЧ и антенн по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ	Частично владеет основными методами расчёта и экспериментальных исследований фидерных линий, устройств СВЧ и антенн
Удовлетворительно / зачтено (60-69 баллов)	Дает определения принципов действия, основных параметров и характеристик, конструкций и назначений типовых устройств СВЧ и антенн для радиотехнических средств передачи, приёма и обработки сигналов.	Показывает неполное, недостаточное умение выполнять математическое моделирование устройств СВЧ и антенн по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ	Демонстрирует неполное, недостаточное владение основными методами расчёта и экспериментальных исследований фидерных линий, устройств СВЧ и антенн

Примечание: количество баллов и перевод в традиционную оценку указаны в соответствии с пунктом 11 Рабочей программы.

3 Типовые контрольные задания

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются следующие материалы:
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 составе:

3.1 Контрольные работы по темам:

Согласована на портале № 8143

1. Линии передачи.
2. Устройства СВЧ.
3. Антенны.

Содержание контрольных работ приведено в учебно-методическом пособии [19].

3.2 Практические занятия по темам:

1. Линии передачи с Т-волнами
2. Волноводные линии передачи
3. Нагруженные отрезки фидеров
4. Узкополосное и широкополосное согласование
5. Многополюсники СВЧ и волновые матрицы
6. Параметры и характеристики антенн
7. Вибраторные антенны
8. Апертурные антенны
9. Антенные решётки

Указания к практическим занятиям приведены в учебно-методических пособиях [11,12].

3.3 Лабораторные занятия по темам:

1. Исследование ферритовых вентилей и циркуляторов
2. Исследование диэлектрических антенн
3. Исследование диаграммы направленности параболической антенны по измерениям поля в дальней и ближней зонах
4. Исследование влияния распределения поля в раскрыве антенны на её диаграмму направленности
5. Исследование коэффициента усиления рупорных антенн

Указания к лабораторным занятиям приведены в учебно-методических пособиях [13-18].

3.4 Вопросы для проведения экзамена:

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 сопротивления, 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 сопротивления, 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.

Согласована на портале № 8143

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.
33. Дальняя, промежуточная и ближняя зоны антенны. Их границы и свойства полей
34. Назначение и классификация антенн, понятия, определения.
35. Внутренняя и внешняя задачи теории антенн.
36. Амплитудная ДН, ее форма и ширина, графическое изображение.
37. Теорема о перемножении ДН однотипных облучателей.
38. Фазовая диаграмма антенны. Фазовый центр и центр излучения.
39. Мощность и сопротивление излучения антенны.
40. Входное сопротивление антенны, связь с сопротивлением излучения.
41. Электрическая прочность. Предельная и допустимая мощности.
42. Поляризация, ее виды, необходимость учета при приеме.
43. КНД, КПД и КУ антенны, определения, взаимосвязи.
44. Действующая длина и диапазон рабочих частот антенны.
45. Принцип электродинамического подобия и его использование при исследовании антенн.
46. Принципы построения сверхширокополосных антенн.
47. Фундаментальные ограничения в области антенн.
48. Приемные антенны. Эквивалентная схема. Формулы Неймана для ЭДС.
49. Приемные антенны. Условия приема максимальной мощности.
50. Принцип взаимности и его использование применительно к расчету характеристик приемных антенн.
51. Эффективная площадь антенны, связь с КНД и действующей длиной линейной антенны.
52. Шумовая температура антенны, связь с КПД, пути ее снижения.
53. Особенности работы антенн на низких и высоких частотах.

Согласована на портале № 8143

54. Энергетические соотношения в приемных антеннах на СВЧ в согласованном и рассогласованном режимах.
55. Формула идеальной радиопередачи с пояснениями.
56. Общие свойства антенн малых электрических размеров. Элементарные излучатели линейной и круговой поляризации.
57. Симметричный электрический вибратор. Распределение тока, ДН, сопротивление излучения, КНД.
58. Симметричный электрический вибратор. Распределение тока, действующая длина, эффект укорочения длины вибратора, входное сопротивление.
59. Конструкции симметричных линейных вибраторных антенн. Способы питания посредством двухпроводной и коаксиальной линий. Применения.
60. Петлеобразный вибратор Пистолькорса. Способы питания посредством двух-проводной и коаксиальной линий, ДН, применения.
61. Конструкции несимметричных вибраторов. Способы возбуждения, ДН, применения.

Методические материалы для подготовки к экзамену приведены в [1-19].

4 МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

Для обеспечения процесса обучения и решения задач обучения используются следующие методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, в составе:

4.1. Основная литература

1. Устройства СВЧ и антенны [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Замотринский В. А., Шангина Л. И. – Томск: ТУСУР, 2012. – 223 с. Режим доступа: **http://edu.tusur.ru/training/publications/712**
2. Гошин Г.Г. Антенны: [Электронный ресурс] Учебное пособие. – Томск: ТУСУР. 2012, – 145 с. Режим доступа: **http://edu.tusur.ru/training/publications/2794**
3. Устройства СВЧ и антенны. Проектирование фазированных антенных решеток/ под ред. Д.И. Воскресенского. – М.: Радиотехника, 2012. – 744с. (10 экз.)

4.2 Дополнительная литература

4. Устройства СВЧ и антенны: Учебник для вузов/ Д.И. Воскресенский и др. – М.: Радиотехника, 2006. – 375с. (20 экз.)
5. Сазонов Д.М. Антенны и устройства СВЧ: Учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 1988. – 432с. (18 экз.)
6. Устройства СВЧ и антенны. Проектирование фазированных антенных решеток/ под ред. Д.И. Воскресенского. – М.: Радиотехника, 2003. – 632с. (21 экз.)
7. Техническая электродинамика: Учебное пособие для вузов/ Ю.В. Пименов и др. – М.: Радио и связь, 2002. – 536 с. (22 экз.)
8. Сверхширокополосные микроволновые устройства/ под ред. А. П. Креницкого, В. П. Мещанова. – М.: Радио и связь, 2001. – 560 с. (33 экз.)
9. Фрадин А.З. Антенно-фидерные устройства. – М.: Связь, 1977. – 440с. (19 экз.)
10. Антенны УКВ/ под ред. Г.З. Айзенберга. Ч.1. – М.: Связь, 1977. – 384с. (25 экз.)
11. Антенны УКВ/ под ред. Г.З. Айзенберга. Ч.2. – М.: Связь, 1977. – 288с. (26 экз.)

4.3. Перечень методических указаний по лабораторным работам, практическим занятиям и самостоятельной работе

12. Гошин Г.Г. Антенны и фидеры. Сборник задач с формулами и решениями [Электронный ресурс]: Учебное пособие. – Томск: ТУСУР, – 2012, – 237с. Режим доступа: **http://edu.tusur.ru/training/publications/2795**
13. Устройства СВЧ и антенны [Электронный ресурс]: Учебное методическое пособие / Гошин Г.Г., Замотринский В. А., Шангина Л. И. Томск: ТУСУР, – 2012. – 163 с. Режим доступа: **http://edu.tusur.ru/training/publications/715**
14. Скалярный анализатор параметров цепей P2M [Электронный ресурс]: Руководство к лабораторной работе/ Г.Г. Гошин, А.В. Фатеев. – Томск: ТУСУР – 2013 – 47 с. – Режим доступа: **http://edu.tusur.ru/training/publications/3729**
15. Исследование влияния распределения поля в раскрыве антенны на её диаграмму направленности [Электронный ресурс]: Руководство к лабораторной работе / Гошин Г. Г. Фатеев А.В., Шангина Л.И.– Томск: ТУСУР, 2013. – 28 с. Режим доступа:

Согласована на портале № 8143

http://edu.tusur.ru/training/publications/3699

16. Исследование диаграммы направленности параболической антенны по измерениям поля в дальней и ближней зонах [Электронный ресурс]: Руководство к лабораторной работе / Гошин Г.Г., Фатеев А.В. – Томск: ТУСУР, 2013. – 18 с. Режим доступа: **http://edu.tusur.ru/training/publications/3700**
17. Исследование коэффициента усиления рупорных антенн [Электронный ресурс]: Руководство к лабораторной работе / Гошин Г.Г., Фатеев А.В. – Томск: ТУСУР, 2013. – 27 с. Режим доступа: **http://edu.tusur.ru/training/publications/3723**
18. Исследование диэлектрических антенн [Электронный ресурс]: Руководство к лабораторной работе / Гошин Г.Г., Фатеев А.В. – Томск: ТУСУР, 2013. – 23 с. Режим доступа: **http://edu.tusur.ru/training/publications/3722**
19. Исследование ферритовых вентилей и циркуляторов [Электронный ресурс]: Руководство к лабораторной работе // Падусова Е. В., Соколова Ж. М., Никифоров А.Н., Фатеев А.В. – Томск: ТУСУР, 2013. – 27 с. Режим доступа: **http://edu.tusur.ru/training/publications/3730**
20. Устройства СВЧ и антенны [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие по организации самостоятельной работы студентов / Г. Г. Гошин – Томск: ТУСУР, 2010. – 42 с. Режим доступа: **http://edu.tusur.ru/training/publications/7**

Согласована на портале № 8143