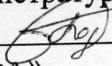



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ В.Ф. УТКИНА»

Кафедра «Электронные приборы»

«СОГЛАСОВАНО»

Директор института  
магистратуры и аспирантуры

 / О.А. Бодров  
« 03 » 06 2020 г

Заведующий кафедрой ЭП  
 / М.В. Чиркин  
« 08 » 06 2020 г



УТВЕРЖДАЮ»

Проректор РОПиМД  
/ А.В. Корячко  
06 2020 г

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### Б1.В.ДВ.01.02 «Микроволновая техника»

Направление подготовки  
11.04.04 «Электроника и наноэлектроника»

Направленность (профиль) подготовки  
Электронные приборы и устройства

Уровень подготовки  
Магистратура

Квалификация выпускника – магистр

Форма обучения – очная

Рязань 2020 г.

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки (специальности) 11.04.04 «Электроника и микроэлектроника»,

утвержденного 22.09.2017 №959

Разработчики  
к.т.н., доцент кафедры ЭП

О.А. Горлин

---

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры

« 09 » 06 2020 г., протокол № 6

Заведующий кафедрой «Электронные приборы»

д.ф. - м.н., профессор

М.В. Чиркин

## **1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Рабочая программа по дисциплине «Микроволновая техника» (Б1.В.ДВ.01.02) является вариативной частью профессиональной образовательной программы (ОПОП) академической магистратуры, разработанной в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника» (уровень магистратуры), утвержденным приказом Минобрнауки России от 30.10.2014 № 1407.

*Целью освоения дисциплины* является подготовка высококвалифицированных специалистов – кадров с квалификацией магистр, способных на современном уровне разрабатывать микроволновое оборудование для различных отраслей промышленности; проводить теоретические и экспериментальные исследования, а также проводить математическое моделирование процессов взаимодействия микроволнового излучения с различными диэлектрическими средами и материалами.

Микроволновая техника широко используются в радиоэлектронных системах связи, радиовещания, телевидения, телеметрии, радиолокации, радионавигации и радиоуправлении. Успехи в развитии микроволновой техники связаны, прежде всего, с использованием высокомошного оборудования по сравнению с полупроводниковой СВЧ электроникой.

*В основные задачи освоения учебной дисциплины входят:*

- рассмотрение основные этапы развития научных представлений об электромагнитном поле;
- изучение основных величин, характеризующие электрические и магнитные поля;
- расширение научного кругозора и эрудиции магистрантов, овладение методами теоретического описания и основными теоретическими моделями расчета электромагнитных полей;
- практическое овладение основными экспериментальными методиками изучения электромагнитных полей в различных линия передачи СВЧ;
- выработка навыков грамотного изложения научного, экспериментального и теоретического материала в виде докладов, презентаций, научных публикаций; умения объяснить явления, обусловленные электромагнитными полями;
- закрепление навыков самостоятельной учебной деятельности;
- получение навыков научно-исследовательской, методической и инженерной работы;
- применение приобретенных теоретических и практических знаний для решения конкретных задач при прохождении учебных практик, курсовых и выпускных работ, а также в дальнейшей профессиональной деятельности.

### Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

Категория (группа) общепрофессиональных компетенций	Код и наименование общепрофессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения общепрофессиональной компетенции
	ПК-8. Способен проектировать устройства, приборы и системы электронной техники с учетом заданных требований	<u>Знать</u> : основные законы расчета электромагнитных полей, а также теоретические и практические основы проектирования радиотехнических систем специального назначения. <u>Уметь</u> : применять на практике основные приемы и навыки применения методов проектирования микроволновой техники; <u>Владеть</u> : математическими методами в электродинамике и навыками экспериментального исследования параметров и характеристик микроволновой техники.
	ПК-9. Способность разрабатывать проектно-конструкторскую документацию в соответствии с методическими и нормативными требованиями	<u>Знать</u> : основные методы проектирования микроволновой техники и систематизацию результатов в соответствии с поставленной задачей. <u>Уметь</u> : решать задачи в области микроволновой техники связанные с разработкой и ведением проектно-конструкторской документации <u>Владеть</u> : навыками в области проектирования конструкторской документации в соответствии с методическими и нормативными требованиями для микроволновой техники.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Микроволновая техника» (Б1.В.ДВ.01.02) относится к вариативной части блока 1 дисциплин (модулей) учебного плана направления подготовки – 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника»; ОПОП «Электронные приборы и устройства» ФГБОУ ВО «РГРТУ». Дисциплина изучается магистрантами по очной и очно-заочной формам обучения на 1-м курсе, во 2-ом семестре.

Дисциплина «Микроволновая техника» (Б1.В.ДВ.01.02) базируется на следующих дисциплинах учебного плана подготовки бакалавров по направлению 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника», ОПОП «Электроника и наноэлектроника»: «Математика» шифр Б1.2.Б.01, «Физика» шифр Б1.2.Б.02, «Численные методы решения задач электроники» шифр Б1.2.В.02а, «Теоретические основы электротехники» шифр Б1.3.Б.04, «Физические основы электроники» шифр Б1.3.Б.08, «Микроволновые приборы и устройства» шифр Б1.3.Б.17.

До начала изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:

**Знать:** основные законы расчета электромагнитных полей, а также теоретические и практические основы проектирования радиотехнических систем специального назначения.

**Уметь:** применять на практике основные приемы и навыки применения методов проектирования микроволновой техники;

**Владеть:** математическими методами в электродинамике и навыками экспериментального исследования параметров и характеристик микроволновой техники.

*Взаимосвязь с другими дисциплинами.* Требования к входным знаниям совпадают с требованиями к освоению перечисленных выше предшествующих дисциплин ОПОП подготовки бакалавров по направлению 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника», ОПОП «Электронные приборы и устройства». Дисциплина «Микроволновая техника» (Б1.1.В.06а) содержательно и методологически взаимосвязана с указанными дисциплинами.

*Постреквизиты дисциплины.* Дисциплина «Микроволновая техника» (Б1.1.В.06а) является основой для подготовки выпускной квалификационной работы.

### 3 ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Трудоемкость дисциплины – 5 зачетных единиц (ЗЕ), 180 час.

Вид учебной работы	Всего часов		
	Очная форма	Очно-заочная форма	Заочная форма
Общая трудоемкость дисциплины, в том числе:	180	180	-
Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего), в том числе:	80	80	-
Лекции	40	40	-
Лабораторные работы	16	16	-
Практические занятия	24	24	-
Самостоятельная работа обучающихся (всего), в том числе:	100	100	-
Курсовой проект/ курсовая работа	18	18	-
Подготовка к экзамену, консультации	36	36	-
Консультации в семестре	10	10	-
Иные виды самостоятельной работы	36	36	-
Вид промежуточной аттестации обучающихся:	экзамен	экзамен	-

## **4 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)**

#### **1 Введение**

Электромагнитное поле как особая форма движущейся материи. Микроволновый диапазон в спектре электромагнитных колебаний.

Место электродинамики среди технических дисциплин. Ее роль в решении основных задач, возникающих при изучении, исследовании и проектировании электронных приборов.

Краткая история, основные этапы развития и области применения микроволновой техники. Структура курса.

#### **2 Основы электродинамики**

**Основные уравнения электродинамики.** Электромагнитные явления и современные представления об электромагнитном поле. Величины, характеризующие электрические и магнитные поля. Материальные уравнения среды. Уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной форме. Экспериментальное обоснование уравнений Максвелла, их физическое содержание: закон полного тока, ток смещения, закон электромагнитной индукции, закон Гаусса.

Частные случаи уравнений электромагнитного поля.

Переменные электромагнитные поля. Условия для векторов напряженности поля на границе раздела двух сред (граничные условия).

Принцип перестановочной двойственности. Единственность решения уравнений электродинамики.

Энергетические соотношения в электродинамике. Уравнение баланса энергии в интегральной форме. Поток энергии электромагнитного поля.

**Волновые уравнения и электромагнитные волны.** Гармонические во времени электромагнитные поля. Уравнения электродинамики в комплексной форме. Комплексные параметры среды. Волновые уравнения для векторов поля. Волновой характер электромагнитного поля. Электродинамические векторный и скалярный потенциалы. Уравнения Даламбера для электродинамических потенциалов. Волновые уравнения в комплексной форме (уравнения Гельмгольца). Баланс энергии при гармонических колебаниях.

**Распространение электромагнитных волн в неограниченных средах.** Особенности распространения плоских электромагнитных волн в однородных изотропных средах: диэлектрике, неидеальном проводнике, полупроводнике. Волны в гиротропных средах. Свойства намагниченного феррита на СВЧ. Эффект Фарадея. Распространение волны в поперечно-намагниченном феррите, эффект Коттона-Мутона.

**Излучение электромагнитных волн.** Электрический диполь. Поле элементарного электрического диполя. Решение уравнений Даламбера (Гельмгольца) для электродинамического потенциала. Структура электромагнитного поля, излучаемого электрическим диполем. Поле в

ближней и дальней зонах. Элементарный магнитный диполь. Применение принципа двойственности. Излучение элемента Гюйгенса. Щелевой вибратор. Принцип взаимности. Характеристики излучающих систем. Энергия и мощность излучения. Сопротивление излучения. Диаграмма направленности излучения. Коэффициент направленного действия.

**Отражение и преломление электромагнитных волн.** Отражение и преломление плоских волн от плоской границы двух сред. Законы Снеллиуса для углов отражения и преломления. Коэффициенты отражения и преломления. Отражение от проводящих поверхностей. Поверхностный эффект, граничные условия на поверхности проводника, глубина проникновения поля и неидеальный проводник, потери энергии.

### **3 Электродинамика микроволновых направляющих систем.**

**Линии передач энергии СВЧ.** Направляющие системы и направленные волны. Основные типы и особенности передающих линий. Основные характеристики направляемых электромагнитных волн: постоянная распространения, фазовая постоянная, длина волны в линии передачи, фазовая и групповая скорость, дисперсия. Типы волн в линиях передачи Т, Е(ТМ), Н(ТЕ). Условия распространения волн в линиях, критическая частота, явление отсечки, запердельный волновод. Волновое и характеристическое сопротивление. Дисперсионная характеристика. Быстрые и медленные волны. Свободные волны в полых металлических волноводах. Типы волн в прямоугольном, круглом и коаксиальном волноводах. Волноводы сложного поперечного сечения.

Поток энергии в линиях передачи. Максимальная передаваемая мощность. Потери в направляющих системах, коэффициент затухания.

Полосковая, микрополосковая и щелевая линии, копланарный волновод, диэлектрические волноводы. Волны в квазистатических линиях передачи.

**Волны в периодических структурах. Замедляющие системы.** Условия существования медленных волн. Теорема Флоке. Структура поля электромагнитной волны в плоскости поперечного сечения замедляющей системы с плоской и осевой симметрией. Пространственные гармоники, их параметры. Методы анализа замедляющих систем: электродинамический, многопроводных линий, эквивалентных схем.

Основные типы замедляющих систем. Замедляющая система спираль в круглом волноводе, дисперсионная характеристика и сопротивление связи спирального проводящего цилиндра. Разновидности замедляющих систем со спиральной структурой: ленточная спираль, двухзаходная спираль, модифицированная спираль. Замедляющая система типа встречные штыри, особенности дисперсионных характеристик. Гребенчатые и резонаторные замедляющие системы, определение дисперсионных характеристик методом эквивалентных схем.

### **4 Электродинамика колебательных систем.**

**Объемные резонаторы.** Особенности колебательных систем СВЧ диапазона. Свободные колебания в объемных резонаторах. Спектр

собственных колебаний, собственные волновые числа. Полнота и ортогональность системы собственных функций объемного резонатора. Параметры объемных резонаторов, резонансные частоты, эквивалентное сопротивление, характеристическое сопротивление, добротность. Основные типы объемных резонаторов: резонаторы из отрезков регулярных линий, условия резонанса, структуры полей и резонансные частоты видов колебаний в резонаторах из отрезков прямоугольного, круглого, коаксиального волноводов, МПЛ.

**Возбуждение объемных резонаторов.** Разложение поля вынужденных колебаний резонатора по собственным функциям. Учет потенциальных полей объемных резонаторов.

## **5 Микроволновые устройства.**

**Основные понятия теории СВЧ цепей.** Математическая модель (универсальная эквивалентная схема) произвольной линии передач СВЧ. Эквивалентные параметры линии передачи: нормированные амплитуды волн напряжения и тока, волновое сопротивление и проводимость. Режим работы линии передачи при различных нагрузках: активной, реактивной, комплексной. Коэффициенты отражения и стоячей волны. Входное сопротивление линии передачи. Трансформирующие свойства отрезков линии. Круговая диаграмма полых сопротивлений (проводимостей) передающей линии. Узкополосное согласование в линиях передач.

**6 Методы анализа пассивных микроволновых устройств.** Линейные многополюсники СВЧ и их матричное описание. Импедансные и волновые матрицы. Матрица рассеивания произвольного  $2N$  - полюсника. Основные свойства матрицы рассеивания. Принцип декомпозиции в анализе устройств СВЧ. Системы автоматизированного проектирования устройств СВЧ.

**Элементы СВЧ трактов.** Взаимные устройства СВЧ. Двухполюсники: согласованные и реактивные нагрузки. Четырехполюсники: предельные и поглощающие аттенюаторы; переходы между линиями передач различных типов. Широкополосные согласующие устройства: многоступенчатые переходы с максимально плоской и чебышевской амплитудно-частотными характеристиками; принцип действия, методика расчета, достижимые параметры. Широкополосное согласование с помощью плавных переходов. Фильтры СВЧ: типы фильтров. Прототипы СВЧ фильтров с оптимальными частотными характеристиками. Способы реализации СВЧ фильтров.

Шестиполюсники: волноводные E и H тройники. Матрица рассеяния согласованного тройника. Использование тройников в качестве делителей и сумматоров мощности СВЧ колебаний.

**Резонансные двухполюсники.** Объемный резонатор с одним элементом связи, как резонансный двухполюсник. Понятие внешней и нагруженной добротности. Коэффициент связи. Зависимость входной проводимости от частоты на частотах вблизи резонанса. Определение оптимальной величины связи при передаче энергии в резонатор и при выводе энергии из резонатора во внешнюю цепь.



Широкополосное согласование комплексных нагрузок. Физические причины ограничения полосы согласования. Неравенства Р. М. Фано, устанавливающие связь между достижимым уровнем согласования и шириной полосы частот, в которой он достижим. Схемы широкополосного согласования резонансного двухполюсника.

**Невзаимные устройства СВЧ.** Ферритовые вентили и циркуляторы с поперечно-намагниченным ферритом на эффектах "смещения поля" и "резонансного поглощения". Принцип действия, устройство при реализации на волноводе, коаксиальной линии, микрополосковой линии.

#### 4.2 Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах).

№ п/п	Тема	Общая трудоемкость всего часов	Контактная работа обучающихся с преподавателем				Самостоятельная работа обучающихся
			Всего	лекции	Практ	лабор	
1	Введение	4	2	2	-	-	2
2	Основы электродинамики	20	12	8	4	-	8
3	Электродинамика микроволновых направляющих систем	24	18	10	4	4	6
4	Электродинамика колебательных систем/ Объемные резонаторы	28	20	10	6	4	8
5	Микроволновые устройства. Методы анализа пассивных микроволновых устройств	22	16	6	6	4	6
6	Пассивные 2N-полосники	18	12	4	4	4	6
7	Курсовое проектирование	18	-	-	-	-	18
8	Консультации в семестре	10	-	-	-	-	10
9	Экзамен	36	-	-	-	-	36
	Всего:	<b>180</b>	<b>80</b>	<b>40</b>	<b>24</b>	<b>16</b>	<b>100</b>

#### 4.3 Виды практических, лабораторных и самостоятельных работ

№ п/п	Тема	Вид работы	Наименование и содержание работы	Трудоемкость, часов
1	Введение	Самостоятельная работа обучающегося	Изучение конспекта лекций.	2
2	Основы электродинамики.	Самостоятельная работа обучающегося	Разложение вынужденного поля по собственным волнам. Изучение конспекта лекций.	8
		Практическая работа	Вычисление параметров отверстия, обеспечивающих заданную ширину диаграммы	4

№ п/п	Тема	Вид работы	Наименование и содержание работы	Трудоемкость, часов
			направленности в $E$ - и $H$ -плоскостях.	
3	Электродинамика микроволновых направляющих систем.	Лабораторная работа	Исследование замедляющей системы типа цепочки связанных резонаторов	4
		Самостоятельная работа обучающегося	Разложение вынужденного поля по собственным волнам. Подготовка к лабораторным работам Изучение конспекта лекций. Подготовка к ЛР. Подготовка к сдаче ЛР, оформление отчета.	6
		Практическая работа	Построение общего вида диаграммы направленности системы элементов Гюйгенса, а также ее сечений $E$ - и $H$ -плоскостями.	4
4	Электродинамика колебательных систем. Объемные резонаторы	Лабораторная работа	Экспериментальное определение добротности объемного резонатора с одним элементом связи	4
		Самостоятельная работа обучающегося	Резонаторы с квазисосредоточенными параметрами. Кольцевые резонаторы бегущей волны. Открытые резонаторы. Изучение конспекта лекций. Подготовка к ЛР. Подготовка к сдаче ЛР, оформление отчета.	8
		Практическая работа	Расчет параметров объемного резонатора различной формы	6
5	Микроволновые устройства. Методы анализа пассивных микроволновых устройств	Лабораторная работа	Измерение параметров микрополосковой линии	4
		Самостоятельная работа обучающегося	Волноводный щелевой мост: устройство, принцип действия, расчет основных размеров. Мостовые соединения, выполненные на основе МПЛ (кольцевой мост и двухшлейфный ответвитель). Изучение конспекта лекций. Подготовка к ЛР. Подготовка к сдаче ЛР, оформление отчета.	6
		Практическая работа	Расчет основных параметров МПЛ.	6

№ п/п	Тема	Вид работы	Наименование и содержание работы	Трудоемкость, часов
6	Пассивные полюсники 2N-	Самостоятельная работа обучающегося	Использование диодных, триодных тиристоров и симисторов в электронных схемах. Изучение конспекта лекций	6
		Лабораторная работа	Экспериментальное исследование S – параметров пассивного обратимого четырехполюсника	4
		Практическая работа	Расчет S – параметров пассивного обратимого четырехполюсника. Расчет восьмиполюсника	4
7	Курсовое проектирование	Самостоятельная работа обучающегося	Расчет кольцевого направленного ответвителя	18
8	Консультации в семестре	Самостоятельная работа обучающегося	Изучение конспекта лекций. Подготовка к теоретическому зачету	10
9	Экзамен	Самостоятельная работа обучающегося	Изучение конспекта лекций. Подготовка к экзамену	36

## **5 ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

1. Лебедев И.В. Техника и приборы сверхвысоких частот. Т.1: - М.: Высшая школа, 1970, с.13-113,162-187.

2. Милованов О.С., Собенин Н. М. Техника сверхвысоких частот: Учебное пособие. - Атомиздат, 1980, 464 с.

3. Малорацкий Л. Г. Микроминиатюризация элементов и устройств СВЧ.- М.: Сов. радио, 1976, 216 с.

4. Пассивные элементы СВЧ устройств / Методические указания к курсовой работе. Рязань, РРТИ, 1980, сост. А. Н. Балябин.

### **Перечень учебно-методического обеспечения лабораторных работ**

1. Микроволновая техника. Ч.1: методические указания к лабораторным работам / Рязан. гос. радиотехн. ун-т; сост.: Т.А. Глебова, О.А. Горлин, А.А. Шишков.– Рязань: РГРТУ, 2018. 40 с., № 5232.

2. Электродинамика и микроволновая техника / Методические указания к лабораторным работам. Рязань, РГРТУ, 2005, сост. А.А. Шишков

### **Перечень учебно-методического обеспечения практических занятий**

1. Федоров Н.Н. Основы электродинамики: Учебное пособие: - М.: Высшая школа, 1980, 339 с.

2. Сазонов Д.М. и др. Устройство СВЧ: Учебное пособие. - М.: Высшая школа, 1981, 295 с.

## **6 ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

Фонд оценочных средств приведен в Приложении к рабочей программе дисциплины (см. документ «Оценочные материалы по дисциплине «Микроволновая техника»)

## **7 ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Основная учебная литература:**

1. Григорьев А. Д. Электродинамика и микроволновая техника. - СПб.: Лань, 2007, 704 с. (20 экз.)
2. Боков Л.А. Электродинамика и распространение радиоволн [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л.А. Боков, В.А. Замотринский, А.Е. Мандель. — Электрон. текстовые данные. — Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2013. — 410 с. — 978-5-86889-578-4. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/72050.html>
3. Теория и техника СВЧ [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.И. Астайкин [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — Саров: Российский федеральный ядерный центр – ВНИИЭФ, 2008. — 464 с. — 978-5-9515-0109-7. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/18460.html>

### **Дополнительная учебная литература:**

1. Григорьев А. Д. Электродинамика и микроволновая техника. - М.: Высшая школа, 1990, 335 с.
2. Электродинамика и техника СВЧ, ч.2 / Методические указания к лабораторным работам. Рязань, РРТИ, 1995, сост. А. Н. Балябин.
3. Альтман Дж. Устройства СВЧ.- М.: Мир, 1968, 487 с.
4. Ефимов И.Е., Шермина Г.А. Волноводные линии передачи. – М.: Связь, 1979, с.с.34-53, 117-150.
5. Гинзтон Э. Измерения на сантиметровых волнах. – М.: ИЛ, 1960.
6. Григорьев А.Д., Янкевич В.Б. Резонаторы и резонаторные замедляющие системы СВЧ. Численные методы расчёта и проектирования: М., Радио и связь, 1984.

## **8 ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ ИНТЕРНЕТ, НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

1. Справочная правовая система «ГАРАНТ».
2. Справочная правовая система «КонсультантПлюс».
3. Электронно-библиотечная система (ЭБС).
4. <http://www.studfiles.ru>.
5. <http://omega.sp.susu.ru/books/conference/PaVT2012/full/053.pdf>.
6. <http://venec.ulstu.ru/lib/disk/2011/Menwov.pdf>.

## **9 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Материал каждой лекции рекомендуется изучать в день ее прочтения лектором, когда она еще не забыта. При этом необходимо использовать конспект и рекомендованную литературу. Использовать литературу необходимо для углубленного изучения материала лекции и для уточнения тех мест, которые в конспекте оказались, записаны недостаточно понятно. В конспекте каждой лекции необходимо оставлять чистое место и конспектировать в нем изученную литературу, чтобы при подготовке к текущей, промежуточной или итоговой аттестации можно было повторить всю тему. Лектором в течение всего семестра проводятся консультации по лекционному материалу.

Каждую тему, предусмотренную планом самостоятельной работы, следует изучать самостоятельно в течение отведенных для ее изучения двух недель с помощью рекомендованной литературы. Все возникающие при этом вопросы надо записывать, чтобы получить на них ответы на консультации. По каждой теме для каждой учебной группы лектор проводит консультации в конце ее изучения (один раз в две недели). Расписание консультаций вывешивается на весь семестр на доске объявлений лаборатории по дисциплине. В конце консультации проводится тест по теме, при успешном прохождении которого тема считается изученной.

К каждой лабораторной работе надо готовиться с помощью конспекта лекций по теме работы, изучения рекомендованной литературы и методических рекомендаций к лабораторным работам. Необходимо подготовить и шаблон отчета, чтобы за время, отведенное для выполнения работы, можно было оформить отчет, защитить и сдать его.

В конце семестра при подготовке к аттестации студент должен повторить изученный в семестре материал и в ходе повторения обобщить его, сформировав цельное представление о нем. Следует иметь в виду, что на подготовку к промежуточной аттестации времени бывает очень мало, поэтому начинать эту подготовку надо заранее, не дожидаясь последней недели семестра.

Следует всегда помнить, что залог успеха студента в учебе – планомерная работа в течение всего семестра и своевременное выполнение всех видов работы.

Курсовой проект является этапом изучения дисциплины. Целью выполнения курсового проекта является закрепление, углубление и проверка усвоения студентами теоретических знаний и умения их практического и творческого использования при проектировании твердотельных приборов.

Курсовой проект должен содержать следующие элементы:

- титульный лист;
- оглавление;
- введение;
- расчётная часть;
- заключение;
- список используемых источников.

## **10 ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ И ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки бакалавров 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника», ОПОП «Электронные приборы и устройства» при изучении студентами дисциплины «Микроволновая техника» реализация компетентного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных технологий проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой преподавателя и студента.

Изучение дисциплины предусматривает применение активных форм проведения занятий с целью формирования и развития общекультурных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций обучающихся.

Принятая технология обучения базируется на интерактивной работе в аудитории, когда в процессе лекций, лабораторных и практических занятий, дополняемых самостоятельной работой обучающихся, в том числе и с участием преподавателя, выполняется серия экспресс-заданий, совокупность которых позволяет практически применить полученные знания, развивая компетенции, предусмотренные для данной дисциплины.

Проведение ряда занятий осуществляется с использованием компьютеров и мультимедийных средств, наглядных пособий, а также лабораторных практикумов.

Лаборатория техники СВЧ приборов кафедры ЭП оснащена оригинальными лабораторными измерительными установками, цифровыми измерителями частоты и мощности, стендами элементов приборов СВЧ.

После изучения отдельных разделов дисциплины осуществляется проведение рубежного контроля усвоения материала студентами в виде заданий, предусматривающих самостоятельное решение задач и ответов на тестовые задания.

## **11 ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

Для освоения дисциплины необходима следующая материально-техническая база.

### 1. Лекционные занятия:

- аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук;
- комплект электронных презентаций/слайдов.

### 2. Лабораторные работы:

- лаборатория СВЧ приборов оснащена генераторами ГКЧ 57, ГКЧ 59, ГКЧ 60, ГКЧ 61; частотометры 43-54, генераторы СВЧ Г4-81 блоками питания: ВИП-09, ВИП-010; персональными компьютерами, оригинальными программными продуктами, созданными в среде Delphi для изучения цепочки связанных резонаторов, стендами для изучения параметров и свойств микрополосковой линии; для изучения объемных резонаторов.
- шаблоны отчетов по лабораторным работам.

### 3. Практические занятия:

- аудитория, оснащенная ПК, для проведения необходимых расчетов и тестового контроля успеваемости.

Программу составил  
к.т.н., доцент кафедры ЭП

О.А. Горлин