

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Филиал федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»
в городе Борисоглебске



УТВЕРЖДАЮ

Директор филиала

«Е.А. Позднова» 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

«Проектирование СВЧ устройств и антенн»

Направление подготовки 11.03.03 Конструирование и технология
электронных средств

Профиль Проектирование и технология радиоэлектронных средств

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года

Форма обучения Очная

Год начала подготовки 2023

Автор программы

А.С. Самодуров

Заведующий
Кафедрой конструиро-
вания и технологий ЭС

А.В. Башкиров

Руководитель ОПОП

А.В. Башкиров

Борисоглебск 2023

1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 Цели дисциплины формирование компетенций в области проектирования устройств СВЧ и антенн, а также в области экспериментального исследования их характеристик.

1.2 Задачи освоения дисциплины

- изучение теории излучения, распространения и приема электромагнитных волн;
- изучение конструкции и принципов функционирования СВЧ трактов и антенн;
- освоение аналитических и численных методов расчета устройств СВЧ и антенн;
- ознакомление с современными методами проектирования СВЧ устройств и антенн.

2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Проектирование СВЧ устройств и антенн» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1 учебного плана.

3 ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Проектирование СВЧ устройств и антенн» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-2 – Способен выполнять проектирование радиоэлектронных устройств в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-2	знать принципы функционирования устройств СВЧ и антенн, аналитические и численные методы их расчета, конструкции типовых узлов тракта и типов антенн;
	уметь выполнять расчеты основных характеристик элементов СВЧ тракта и параметров антенн различных типов;
	владеть приемами экспериментального исследования характеристик устройств СВЧ и антенн, методами обработки результатов эксперимента.

4 ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Проектирование СВЧ устройств и антенн» составляет 4 зачётные единицы.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры
		5
Аудиторные занятия (всего)	54	54
В том числе:		
Лекции	18	18
Практические занятия (ПЗ)		
Лабораторные работы (ЛР)	36	36
Самостоятельная работа	90	90
Курсовой проект (работа)		
Контрольная работа		
Вид промежуточной аттестации – зачет с оценкой	+	+
Общая трудоемкость	час	144
	зач. ед.	4

5 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Уравнения Максвелла. Поля на границах раздела сред.	Общие сведения об электромагнитном поле. Основные понятия и определения. Векторные характеристики электромагнитного поля. Электромагнитные параметры среды. Классификация материальных сред. Закон полного тока. Классификация электромагнитных полей. Разграничение сред по признаку электропроводности. Первое уравнение Максвелла. Закон электромагнитной индукции. Второе уравнение Максвелла. Теорема Гаусса. Третье и четвертое уравнения Максвелла. Закон сохранения заряда. Уравнение непрерывности. Полная система уравнений электродинамики. Уравнения Максвелла в комплексной форме. Общие свойства направляемых волн. Падение плоской волны с параллельной поляризацией. Падение плоской волны с перпендикулярной поляризацией. Структура электромагнитного поля Е- и Н-волн. Некоторые характеристики электромагнитного поля Е- и Н-волн.	2		4	10	16
2	Исследование электромагнитных волн при прохождении через границу раздела сред	Связь между продольными и поперечными составляющими векторов поля направляемых волн. Граничные условия для нормальных составляющих векторов электромагнитного поля. Граничные условия для нормальных составляющих векторов электромагнитного поля. Граничные условия на поверхности идеального диэлектрика и идеального проводни-	2		4	10	16

		ка. Нормальное падение плоской электромагнитной волны на границу раздела сред. Наклонное падение плоской электромагнитной волны на границу раздела сред. Отражение и преломление плоских электромагнитных волн на границе диэлектрик–диэлектрик. Отражение и преломление плоских электромагнитных волн на границе диэлектрик–проводник. Скин–эффект.					
3	Устройства СВЧ	Двухполосники. Простейшие четырехполосники. Фильтры СВЧ. Устройства широкополосного согласования. Шестиполосники. Направленные ответвители. Мостовые устройства СВЧ. Магнитные свойства ферритовых материалов. Фазовращатели. Вентили. Циркуляторы. Управляемые фильтры. Устройства на магнитостатических волнах.	2		4	10	16
4	Антенны различных диапазонов волн	Классификация, основные характеристики и параметры антенн. Симметричный вибратор в свободном пространстве. Основные характеристики и параметры симметричного вибратора. Линейная антенная решетка на основе ненаправленных излучателей. Антенные решетки различных типов. Понятие о синтезе антенн.	2		4	10	16
5	Принципы функционирования и конструкции антенн КВ диапазона	Несимметричные вибраторные антенны. Горизонтальный и наклонный симметричные вибраторы. Пеленгаторные антенны. Проволочные антенны бегущей волны.	2		4	10	16
6	Принципы функционирования и конструкции антенн УКВ диапазона	Вибраторные антенны. Спиральные и зигзагообразные антенны. Рамочные антенны. Щелевые антенны. Антенны поверхностных волн.	2		4	10	16
7	Принципы функционирования и конструкции антенн СВЧ диапазона	Основы теории антенн СВЧ. Рупорные антенны. Рупорные антенны. Зеркальные антенны.	2		4	10	16
8	Фазированные антенные решетки	Общие сведения о фазированных антенных решетках (ФАР). Способы электрического качания луча в ФАР.	2		4	10	16
9	Электромагнитные колебания в оптических резонаторах.	Принципиальная необходимость применения открытого резонатора в диапазоне оптических волн. Волновая теория открытого резонатора. Устойчивость открытых резонаторов. Частотный спектр открытого резонатора. Вырождение оптических колебаний в открытых резонаторах. Ввод и вывод электромагнитной энергии оптических колебаний в открытых резонаторах.	2		4	10	16
Итого			18	18	36	90	144

Практическая подготовка при освоении дисциплины учебным планом не предусмотрена.

5.2 Перечень лабораторных работ

1. Волноводные устройства

2. Переходы волновых устройств

3. Устройства для экранирования электромагнитных полей
4. Исследование непостоянства связи и отражений в волноводной изм-
рительной линии
5. Согласующие волноводные устройства
6. Исследование объемного резонатора
7. Исследование рупорных и рупорно-линзовых антенн
8. Исследование параметров открытых оптических резонаторов
9. Исследование энергетических характеристик излучения лазер

6 ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

7 ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧ- НОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компе- тенция	Результаты обучения, ха- рактеризующие сформированность компе- тенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-2	знать принципы функцио- нирования устройств СВЧ и антенн, аналитические и численные методы их рас- чета, конструкции типовых узлов тракта и типов антенн;	Активная работа на лабораторных и прак- тических занятиях	Выполнение работ в срок, предусмотрен- ный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотрен- ный в рабочих программах
	уметь выполнять расчеты основных характеристик элементов СВЧ тракта и па- раметров антенн различных типов;	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотрен- ный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотрен- ный в рабочих программах
	владеть приемами экспери- ментального исследования характеристик устройств СВЧ и антенн, методами обработки результатов экс- перимента.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотрен- ный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотрен- ный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 5 семестре по системе:

«отлично»;
«хорошо»;
«удовлетворительно»;
«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ПК-2	знать принципы функционирования устройств СВЧ и антенн, аналитические и численные методы их расчета, конструкции типовых узлов тракта и типов антенн;	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь выполнять расчеты основных характеристик элементов СВЧ тракта и параметров антенн различных типов;	Решение стандартных практически задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть приемами экспериментального исследования характеристик устройств СВЧ и антенн, методами обработки результатов эксперимента.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. Два точечных заряда взаимодействуют с силой 8 мН. Какова будет сила взаимодействия (в мН) между зарядами, если, не меняя расстояния между ними, величину каждого из зарядов увеличить в 2 раза?

- а) 16;
- б) 24;
- в) 32;
- г) 44;
- д) нет правильного ответа.

2. Два одинаковых по размеру металлических шарика несут заряды 7 мкКл и –3 мкКл. Шарики привели в соприкосновение и развели на некоторое расстояние, после чего сила их взаимодействия оказалась равной 40 Н. Определите это расстояние (в см).

- а) 13;
- б) 2;
- в) 1;
- г) 0,5;

д) 0,3.

3. Два одинаковых отрицательных точечных заряда по 100 нКл массой 0,3 г каждый движутся по окружности радиусом 10 см вокруг положительного заряда 100 нКл. При этом отрицательные заряды находятся на концах одного диаметра. Найдите угловую скорость вращения зарядов (в рад/с).

а) 5;

б) 10;

в) 15;

г) 20;

д) 25.

4. Два одинаковых проводящих шарика, обладающих зарядами 50 нКл и 10 нКл, находятся на некотором расстоянии друг от друга. Их приводят в соприкосновение и разводят на прежнее расстояние. На сколько процентов увеличится в результате сила взаимодействия?

а) 20;

б) 40;

в) 60;

г) 80;

д) 100.

5. Несколько одинаково заряженных шариков одного размера и массы подвешены на нитях одинаковой длины, закрепленных в одной точке. Опуская шарики в жидкий диэлектрик, заметили, что угол отклонения нитей от вертикали в воздухе и в диэлектрике остается одним и тем же. Найдите диэлектрическую проницаемость диэлектрика, если его плотность в 1,25 раза меньше плотности материала шариков.

а) 2,4;

б) 4,3;

в) 1,6;

г) 1,25;

д) 1,8.

6. Точечные заряды q , q и $2q$ расположены на одной прямой один за другим на одинаковом расстоянии. На средний заряд действует сила 8 Н. Какая сила действует на заряд $2q$?

а) 5 Н;

б) 10 Н;

в) 15 Н;

г) 20 Н;

д) 25 Н..

7. Два одинаковых маленьких шарика массой 80 г каждый подвешены к одной точке на нитях длиной 30 см. Какой заряд (в мКл) надо сообщить каждому шарiku, чтобы нити разошлись под прямым углом друг к другу?

а) 4;

б) 8;

в) 12;

г) 0,8;

д) 0,4.

8. Плоская гармоническая волна ТЕМ распространяется по направлению оси z и при $z = 0$ переходит из одного диэлектрика в другой. Ось y параллельна направлению вектора E . Параметры среды:

для $z < 0$ $\epsilon_1 = 1$, $\mu_1 = 1$, $\sigma_1 = 0$

для $z > 0$ $\epsilon_2 = 4$, $\mu_2 = 1$, $\sigma_2 = 0$

Частота волны $f = 3$ ГГц, амплитуда вектора напряженности электрического поля при $z = 0$ $E_0 = 1$ мВ/м.

Найти величину векторов напряженности электрического и магнитного полей.

а) $E_{ml} = 1,5 \cdot 10^{-3} e^{-j120\pi z} + 0,5 \cdot 10^{-3} \cdot e^{-j120\pi z}$ В/м,

$$H_{ml} = 3,98 \cdot 10^{-6} \cdot e^{j120\pi z} + 1,3 \cdot 10^{-6} \cdot e^{j120\pi z} \text{ А/м,}$$

б) $E_{ml} = 1,5 \cdot 10^{-3} e^{j120\pi z} + 0,5 \cdot 10^{-3} \cdot e^{j120\pi z}$ В/м,

$$H_{ml} = 3,98 \cdot 10^{-6} \cdot e^{j120\pi z} + 1,3 \cdot 10^{-6} \cdot e^{j120\pi z} \text{ А/м,}$$

в) $E_{ml} = 1,5 \cdot 10^{-3} e^{-j120\pi z} + 0,5 \cdot 10^{-3} \cdot e^{-j120\pi z}$ В/м,

$$H_{ml} = 3,98 \cdot 10^{-6} \cdot e^{-j120\pi z} + 1,3 \cdot 10^{-6} \cdot e^{-j120\pi z} \text{ А/м,}$$

г) $E_{ml} = 0,5 \cdot 10^{-3} e^{-j120\pi z} + 1,5 \cdot 10^{-3} \cdot e^{j120\pi z}$ В/м,

$$H_{ml} = 1,3 \cdot 10^{-6} \cdot e^{-j120\pi z} + 3,98 \cdot 10^{-6} \cdot e^{j120\pi z} \text{ А/м}$$

9. Кабель РК-75 длиной 14,5 м с изоляцией из полиэтилена ($\epsilon = 2,3$) замкнут накоротко и питается генератором с частотой 50 МГц. Определить входное сопротивление кабеля

а) $z = -j75 \text{ Ом}$

б) $z = j75 \text{ Ом}$

в) $z = 10 + j75$

г) $z = -j25$

10. Линия без потерь имеет волновое сопротивление $\rho = 100 \text{ Ом}$ и нагружена на чисто индуктивное сопротивление, равное $X_n = 50 \text{ Ом}$. Найти входное сопротивление линии на частоте $f = 3 \text{ МГц}$ при длине линии $l = 5 \text{ м}$

а) $z = -j98 \text{ Ом}$

б) $z = j98 \text{ Ом}$

в) $z = 13 + j75$

г) $z = 13 + j75$

11. От каких параметров зависит волновое сопротивление коаксиального кабеля

а) только от диэлектрической проницаемости диэлектрика;

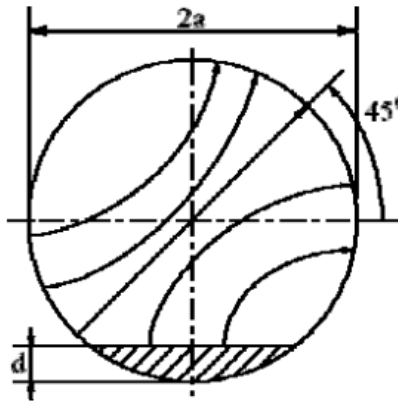
б) от диэлектрической проницаемости диэлектрика и толщины внутреннего проводника;

в) от диэлектрической проницаемости диэлектрика и отношения диаметров внешнего и внутреннего проводников;

г) от отношения диаметров внешнего и внутреннего проводников.

12. В круглом волноводе с волной H_{11} имеется металлическая вставка длиной l . Ориентация вставки относительно структуры поля распространяющейся волны показана на рисунке. Толщина вставки $d = 3 \text{ мм}$, радиус волновода $a = 2 \text{ см}$, частота волны $f = 5,5 \text{ ГГц}$. Определить длину вставки для по-

лучения круговой поляризации волны H_{11}



- а) 16,2 см;
- б) 10,5 см;
- в) 14,1 см;
- г) 13,68 см.

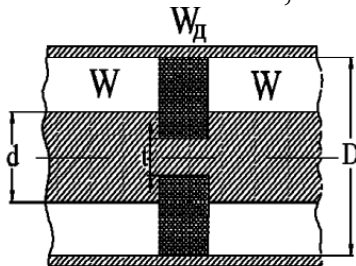
13. Какое волновое сопротивление должен иметь кабель четверть волнового трансформатора для согласования активных сопротивлений 100 и 50 Ом

- а) 50 Ом
- б) 75 Ом
- в) 30 Ом
- г) 71 Ом

14. Какие типы волн могут распространяться в заполненном воздухом прямоугольном волноводе сечением $b \times a = 5 \times 2,5$ см при частоте $f = 7,5$ ГГц.

- а) H_{10}, H_{20}, H_{11} ;
- б) $H_{10}, H_{20}, H_{01}, H_{11}, E_{11}$;
- в) $H_{10}, H_{20}, H_{01}, H_{11}, E_{11}, E_{01}$;
- г) $H_{10}, H_{20}, H_{01}, H_{11}$

15. Для крепления внутреннего проводника в центре коаксиальной линии используют диэлектрические шайбы. Скачок волнового сопротивления линии на участке шайбы вызовет появление отраженных от нее волн. Эскиз неотражающей шайбы показан на рисунке. Определить диаметр внешнего проводника D и глубину кольцевой проточки t , если диаметр центрального проводника $d = 3$ мм, волновое сопротивление линии $W = 50$ Ом, а шайба изготовлена из фторопласта с $\epsilon = 2,1$.



- а) $7,2 = 2,2$ мм; мм, $D t$
- б) $6,3$ мм, $= 2,02$ мм; $D t$
- в) $6,9 = 2,06$ мм; мм, $D t$
- г) $8,1 = 2,43$ мм. мм, $D t$

16. Предельная мощность, которую можно передать по волноводу МЭК-100 сечением $a \times b = 23 \times 10$ мм на частоте $f = 9375$ МГц, если волновод заполнен воздухом. Равна

- а) 41 кВт;
- б) 309 кВт;
- в) 110 кВт;
- г) 126 кВт.

17. Определить критическую длину волны в круглом волноводе, в котором распространяется волна H_{11} с частотой $f = 10$ ГГц при длине волны в волноводе $\lambda = 4,5$ см. Найти диаметр волновода.

- а) $\lambda = 4,71$ см, $D = 2,66$ см;
- б) $\lambda = 4,89$ см, $D = 2,64$ см;
- в) $\lambda = 4,03$ см, $D = 2,36$ см;
- г) $\lambda = 3,79$ см, $D = 2,06$ см;

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач (минимум 10 вопросов для тестирования с вариантами ответов)

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач (минимум 10 вопросов для тестирования с вариантами ответов)

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету с оценкой

1. Электромагнитное поле. Основные характеристики поля и среды. Материальные уравнения.
2. Уравнения электромагнитного поля в дифференциальной и интегральной формах
3. Сторонние источники поля и полная система уравнений Максвелла.
4. Уравнения Максвелла относительно комплексных амплитуд. Комплексная диэлектрическая проницаемость.
5. Система уравнений стационарного электромагнитного поля. Общие понятия электростатики.
6. Поля, заряды и токи на границах.
7. Граничные условия для нормальных и тангенциальных составляющих векторов поля.
8. Граничные условия на поверхности идеального проводника.
9. Энергии электромагнитного поля. Теорема Умова-Пойнтинга и вектор Пойнтинга.
10. Понятие комплексного вектора Пойнтинга. Средний за период баланс энергии электромагнитного поля
11. Волновые уравнения для плоской электромагнитной волны
12. Плоские волны в непоглощающей и поглощающей среде.
13. Поляризация плоских электромагнитных волн.
14. Наклонное падение плоских волн. Формулы Френеля.
15. Нормальное падение плоских волн. Приближённые граничные усло-

вия Щукина-Леонтовича

16. Природа проявления анизотропии в продольно- и поперечно - намагниченном феррите

17. Поворот плоскости поляризации в продольно - намагниченном феррите (Эффект Фарадея)

18. Эффект Каттона-Мутона

19. Понятие об элементарных источниках поля.

20. Методы решений уравнений Максвелла. Электродинамические потенциалы.

21. Расчёт поля элементарного электрического диполя

22. Принцип перестановочной двойственности. Поле элементарного магнитного диполя и его характеристики

23. Метод зеркальных изображений.

24. Поле элемента Гюйгенса и его диаграмма направленности

25. Первичные параметры длинных линий.

26. Телеграфные уравнения длинной линии.

27. Режимы работы длинных линий

28. Назначение и состав типового тракта СВЧ.

29. Способы описания многополюсников СВЧ. Классификация многополюсников СВЧ.

30. Соединительные устройства СВЧ. Трансформаторы и фильтры типов волн.

31. Мостовые соединения СВЧ.

32. Направленные ответвители.

33. Аттenuаторы и фазовращатели.

34. Циркуляторы.

35. Частотные фильтры СВЧ и их характеристики.

36. Методы согласования линий передачи. Узкополосное согласование. Понятие о широкополосном согласовании.

37. Основные определения. Классификация и общие свойства направляемых волн

38. Распространяющиеся и местные поля в волноводах. Возбуждение полей в волноводах

39. Типы и спектр волн прямоугольного волновода. Характеристики прямоугольного волновода на основной волне

40. Электромагнитные поля в круглом волноводе

41. Спектр волн и основная волна круглого волновода

42. Назначение и устройство коаксиальных ЛП

43. Основная волна и электрические характеристики коаксиальных ЛП

44. Полосковые линии передачи и их основные характеристики.

45. Оптико-волоконные линии передачи и их основные характеристики.

46. Основные свойства поля в замедляющих структурах

47. Способы и условия замедления фазовой скорости направляемых волн.

Особенности структуры поля над замедляющей поверхностью

48. Пространственные гармоники в замедляющих структурах. Конст-

рукции замедляющих структур.

49.Общая теория электромагнитных резонаторов. Свойства и характеристики резонаторов различной формы

7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену (не предусмотрено учебным планом)

7.2.6 Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Зачет с оценкой проводится по билетам, каждый из которых содержит 2 теоретических вопроса.

1. Оценка **«Неудовлетворительно»** ставится в случае, если студент продемонстрировал:

- отсутствие знаний значительной части программного материала;
- неправильный ответ хотя бы на один из основных вопросов, существенные и грубые ошибки в ответах на остальные вопросы, непонимание сущности излагаемых вопросов
- неумение применять теоретические знания при решении практических задач, отсутствие навыков в использовании математического аппарата.

2. Оценка **«Удовлетворительно»** ставится в случае, если студент продемонстрировал:

- знание основного материала учебной дисциплины без частных особенностей и основных положений смежных дисциплин;
- правильные, без грубых ошибок, ответы на поставленные вопросы;
- умение применять теоретические знания к решению основных практических задач, ограниченное использование математического аппарата;
- слабые навыки, необходимые для решения практических задач, связанных с предстоящей профессиональной деятельностью.

3. Оценка **«Хорошо»** ставится в случае, если студент продемонстрировал:

- достаточно полные и твердые знания всего программного материала учебной дисциплины, правильное понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов, достаточно полные знания основных положений смежных дисциплин;
- последовательные, правильные, конкретные, без существенных неточностей ответы на поставленные вопросы, свободное устранение замечаний в недостаточно полном освещении отдельных положений при постановке дополнительных вопросов;
- умение самостоятельно анализировать изучаемые явления и процессы, применять основные теоретические положения и математический аппарат к решению практических задач;

-достаточно твердые навыки и умения, обеспечивающие решение практических задач, связанных с предстоящей профессиональной деятельностью.

4. Оценка **«Отлично»** ставится, если студент продемонстрировал:

- глубокие и твердые знания всего программного материала учебной

дисциплины, глубокое понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов, твердые знания основных положений смежных дисциплин;

-четкие, лаконичные, логически последовательные, полные, правильные и конкретные ответы на поставленные вопросы;

-умение самостоятельно анализировать и прогнозировать рассматриваемые явления и процессы в их взаимосвязи и диалектическом развитии, использовать математический аппарат и применять теоретические положения к решению практических задач, делать правильные выводы из полученных результатов;

-твердые навыки, обеспечивающие решение практических задач, связанных с предстоящей профессиональной деятельностью.

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Уравнения Максвелла. Поля на границах раздела сред.	ПК-2	Тест, практические задания, защита лабораторных работ, вопросы к зачёту с оценкой
2	Исследование электромагнитных волн при прохождении через границу раздела сред	ПК-2	Тест, практические задания, защита лабораторных работ, вопросы к зачёту с оценкой
3	Устройства СВЧ	ПК-2	Тест, практические задания, защита лабораторных работ
4	Антенны различных диапазонов волн	ПК-2	Тест, практические задания, защита лабораторных работ, вопросы к зачёту с оценкой
5	Принципы функционирования и конструкции антенн КВ диапазона	ПК-2	Тест, практические задания, защита лабораторных работ.
6	Принципы функционирования и конструкции антенн УКВ диапазона	ПК-2	Тест, практические задания, защита лабораторных работ, вопросы к зачёту с оценкой.
7	Принципы функционирования и конструкции антенн СВЧ диапазона	ПК-2	Тест, практические задания, защита лабораторных работ, вопросы к зачёту с оценкой.
8	Фазированные антенные решетки	ПК-2	Тест, практические задания, защита лабораторных работ, вопросы к зачёту с оценкой.
9	Электромагнитные колебания в оптических резонаторах.	ПК-2	Тест, практические задания, защита лабораторных работ, вопросы к зачёту с оценкой.

7.3 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется

проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Аринин О.В. Проектирование СВЧ устройств в среде AWR Design Environment [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Аринин О.В., Аристархов Г.М., Каравашкина В.Н.— Электрон. текстовые данные.— Москва: Московский технический университет связи и информатики, 2014.— 35 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/61532.html>.— ЭБС «IPRbooks»

2. Юдин В.И. Электромагнитные поля и волны. Часть 1. Волны в бесконечных и полубесконечных средах: учеб. пособие / В.И. Юдин, А.В. Останков. 2007 г.

3. Володько А.В. Электромагнитные поля и волны. Часть 2. Электромагнитные волны и колебания в волноводах и резонаторах: учеб. пособие / А.В.Володько, Р.П.Краснов, В.И.Юдин. 2008 г.

4. Григорьев А.Д. Электродинамика и техника СВЧ: Учебное пособие для вузов / А.Д.Григорьев. 1990 г.

5. Шапиро Д.Н., Электромагнитное экранирование: Научное издание / Д.Н. Шапиро. 2010 г.

6. Филатов И.А. Исследование непостоянства связи и отражений в волноводной измерительной линии. Методические указания к лабораторной работе № 5 по дисциплине «Техническая электродинамика» для студентов специальности 210201 «Проектирование и технология радиоэлектронных средств» очной и заочной форм обучения, 2003 г.

7. Филатов И.А. Волноводные устройства и их переходы. Методические указания к лабораторной работе № 1,2 по дисциплине «Техническая электродинамика» для студентов специальности 210201 «Проектирование и технология радиоэлектронных средств» очной и заочной форм обучения, 2009 г.

8. Филатов И.А., Устройство для экранирования электромагнитных полей. Методические указания к лабораторной работе № 3 по дисциплине «Техническая электродинамика» для студентов специальности 210201 «Проектирование и технология радиоэлектронных средств» очной и заочной форм обучения, 2003 г.

9. Филатов И.А. Линия передачи сантиметрового диапазона. Методические указания к лабораторной работе № 4 по дисциплине «Техническая электродинамика» для студентов специальности 210201 «Проектирование и технология радиоэлектронных средств» очной и заочной форм обучения, 2002 г.

10. Филатов И.А. Согласующие волноводные устройства. Методические указания к лабораторной работе № 6 по дисциплине «Техническая электродинамика» для студентов специальности 210201 «Проектирование и технология радиоэлектронных средств» очной и заочной форм обучения, 2005 г.

11. Организация самостоятельной работы обучающихся : методические указания для студентов, осваивающих основные образовательные программы высшего образования – бакалавриата, специалитета, магистратуры: методические указания / сост. В.Н. Почечихина, И.Н. Крючкова, Е.И. Головина, В.Р. Демидов; ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет ». – Воронеж, 2020. – 14 с.

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

1. Консультирование посредством электронной почты.
2. Использование презентаций при проведении лекционных занятий.
3. Windows 7
4. Microsoft Office 2007
5. Microsoft Office 2003
6. Adobe Acrobat 8.0 Pro

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля):

- Портал «Южный федеральный университет» // <http://sfedu.ru>;
- Библиотека // <http://www.library.sfedu.ru/>;
- Полнотекстовые ресурсы
// http://www.library.sfedu.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=103&Itemid=19&lang=ru;
- Подписные ресурсы
// http://www.library.sfedu.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=24&Itemid=21&lang=ru
- электронный УМК
http://dbs.sfedu.ru/pls/rsu/umr.umr_show?p_per_id=1617;
- материалы цифрового кампуса ЮФУ <http://incampus.ru/>;

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Поточные лекционные аудитории, оснащенные современными техническими средствами обучения (компьютер, проектор).

10 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

По дисциплине «Проектирование СВЧ устройств и антенн» читаются

лекции, проводятся практические занятия и лабораторные работы.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе. Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе. Лекция представляет собой систематическое, последовательное изложение учебного материала. Это – одна из важнейших форм учебного процесса и один из основных методов преподавания в вузе. На лекциях от студента требуется не просто внимание, но и самостоятельное оформление конспекта. Качественный конспект должен легко восприниматься зрительно, в его тексте следует соблюдать абзацы, выделять заголовки, пронумеровать формулы, подчеркнуть термины. В качестве ценного совета рекомендуется записывать не каждое слово лектора (иначе можно потерять мысль и начать писать автоматически, не вникая в смысл), а постараться понять основную мысль лектора, а затем записать, используя понятные сокращения

- Практические занятия позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности практических занятий для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и вы-

	полнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоения учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом с оценкой три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
1			
2			
3			