

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета

 В.А. Небольсин

«30» августа 2017 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины (модуля)
«Устройства СВЧ и антенны»**

Специальность 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Специализация Радиоэлектронные системы передачи информации

Квалификация выпускника Инженер

Нормативный период обучения 5,5 лет

Форма обучения Очная

Год начала подготовки 2017 г.

Автор программы



/Зеленин И.А./

Заведующий кафедрой
радиоэлектронных устройств
и систем



/Балашов Ю.С./

Руководитель ОПОП



/Балашов Ю.С./

Воронеж 2017

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины:

1. Демонстрация места и роли устройств СВЧ и антенн в радиотехническом комплексе;
2. Усвоение основных теоретических положений и физических принципов действия устройств СВЧ и антенн;
3. Получение и закрепление навыков экспериментального исследования и расчёта антенно-фидерных устройств и трактов СВЧ.

1.2. Задачи освоения дисциплины:

1. Формирование знаний основ теории антенн, физических принципов построения устройств СВЧ и конструкций антенн различного назначения;
2. Освоение методов анализа и расчёта антенн различных диапазонов волн;
3. Формирование умений и навыков по экспериментальному исследованию устройств СВЧ и антенн, обработке результатов эксперимента, работе с современными измерительными приборами;
4. Получение и закрепление навыков практического применения устройств СВЧ и антенн в радиотехнических системах различного назначения;
5. Ознакомление с проблемами электромагнитной совместимости и способами их решения.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Устройства СВЧ и антенны» относится к дисциплинам базовой части блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Устройства СВЧ и антенны» направлен на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции
ОПК-5. Способен выявить естественно-научную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь для решения соответствующий физико-математический аппарат.
ПК-5. Способен использовать современные пакеты прикладных программ для схемотехнического моделирования аналоговых и цифровых устройств сверхвысоких частот (СВЧ) и антенн.
ПСК-2.4 Способностью проводить компьютерное проектирование и моделирование радиоэлектронных систем передачи информации и их

№ п/п	Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
1	ОПК-5	Знает: <i>а)</i> место и роль устройств СВЧ и антенн в радиотехнических системах и комплексах; <i>б)</i> теорию электромагнитного поля в волноводных линиях передачи; <i>в)</i> физическую сущность процессов, протекающих в устройствах СВЧ и антеннах; <i>г)</i> методы решения инженерных задач по расчету устройств СВЧ и антенн с использованием соответствующего физико-математического аппарата.
		Умеет: <i>а)</i> использовать при решении задач анализа и проектирования устройств СВЧ и антенн соответствующий физико-математический аппарат; <i>б)</i> выбирать и обосновывать соответствующие современному уровню теории и техники структуры и конструкции устройств СВЧ и антенн с учетом их места в радиотехнических системах, электромагнитной совместимости и сопряжения их параметров с общими параметрами системы.
		Владет: <i>а)</i> методами инженерного расчета основных параметров и характеристик устройств СВЧ и антенн; <i>б)</i> навыками проведения экспериментальных исследований и обработки результатов.
2	ПК-5 ПСК-2.4	Знает: <i>а)</i> основные уравнения электромагнитного поля и методы их использования при расчетах простейших структур для излучения электромагнитных волн; <i>б)</i> аналитические и численные методы расчета основных устройств СВЧ и антенн.

		Умеет: <i>а)</i> использовать персональные ЭВМ для расчета и проектирования устройств СВЧ и антенн; <i>б)</i> выполнять математическое моделирование устройств СВЧ и антенн с помощью универсальных (типовых, стандартных) и специализированных пакетов прикладных программ (программного обеспечения).
--	--	---

		Владеет: <i>а)</i> навыками работы с персональным компьютером; <i>б)</i> математическим аппаратом для описания принципа действия устройств СВЧ и антенн; <i>в)</i> навыками использования универсального и специализированного программного обеспечения для инженерных расчетов устройств СВЧ и антенн.
--	--	--

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Устройства СВЧ и антенны» составляет 7 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по семестрам и видам занятий

Очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры	
		6	7
Аудиторные занятия (всего)	144	54	90
В том числе:			
Лекции	72	36	36
Лабораторные работы (ЛР)	72	18	54
Самостоятельная работа	72	54	18
Курсовой проект	+	-	+
Часы на контроль	36	-	36
Виды промежуточной аттестации	+	Зачет	Экзамен
Общая трудоемкость: академические часы з.е.	252 7	108 3	144 4

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1. Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по семестрам и видам занятий

Очная форма обучения, семестр 6

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Классификация, характеристики и параметры устройств СВЧ и антенн	Роль устройств СВЧ и антенн в радио-технических системах и комплексах. Классификация устройств СВЧ и антенн. Характеристики устройств СВЧ: коэффициенты распространения волны, затухания, фазы; волновое сопротивление; коэффициент отражения волны по напряжению; коэффициенты бегущей и стоячей волн; входное сопротивление; коэффициент полезного действия. Характеристики антенн: характеристика (диаграмма) направленности; фазовая и поляризационная характеристики; действующая высота (длина); эффективная площадь (поверхность); коэффициент использования площади; коэффициенты усиления, направленного и полезного действия; сопротивление излучения; входное сопротивление; допустимая излучаемая мощность; рабочий диапазон частот; шумовая температура.	8	-	12	20
2	Линии передачи СВЧ	Режимы работы линии передачи без потерь и с потерями. Металлические волноводы. Режимы работы волновода. Прямоугольный, круглый и коаксиальный волноводы. Полосковые линии передачи. Соединения, изгибы и скрутки линий передачи. Переходы между линиями передачи. Выбор линии передачи.	10	4	12	26
3	Согласование линии передачи СВЧ с нагрузкой и симметрирование	Цели согласования линии передачи (фильтра) с нагрузкой (антенной). Способы и устройства узкополосного согласования (четвертьволновый трансформатор, последовательный и параллельный шлейфы). Способы и устройства широкополосного согласования (частотные компенсаторы, ступенчатые трансформаторы, плавные переходы). Симметрирующие устройства: функции, U-колена, четвертьволновый стакан.	8	6	12	26
4	Устройства СВЧ	Элементы волноводного тракта СВЧ: нагрузки, тройники, направленные ответвители, мостовые устройства, многоканальные делители мощности, трансформаторы типов волн. Устройства СВЧ с применением ферритов: основные свойства ферритов, вентили циркуляторы. Управляющие устройства СВЧ: устройства управления амплитудой СВЧ-колебаний (выключатели, коммутаторы, аттенюаторы, ограничители мощности, фазовращатели, поляризаторы).	10	8	18	36
Часы на контроль						-
Итого за семестр 1			36	18	54	108

Очная форма обучения, семестр 7

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Симметричный вибратор	Распределение тока на симметричном вибраторе. Поле излучения вибратора. Диаграмма направленности. Коэффициент направленного действия. Действующая длина (высота) вибратора. Сопротивление излучения и входное сопротивление. Широкополосные симметричные вибраторы. Подключение симметричного вибратора к фидерному тракту.	6	12	4	22
2	Антенные решётки	Функции и возможности антенных решёток. Способы управления положением диаграммы направленности. Эквидистантные и неэквидистантные антенные решётки. Фазированные антенные решётки (ФАР): активные и пассивные ФАР. Схемы последовательного и параллельного питания ФАР. Проходная и отражательная схемы распределения питания (распределители оптического типа). Многолучевые антенные решётки. Последовательная и параллельная диаграммообразующие схемы. Адаптивные антенные решётки. Схемы адаптивных решёток.	8	12	4	24
3	Апертурные антенны СВЧ	Рупорные, зеркальные, параболические и линзовые антенны. Облучатели зеркальных антенн. Параболоцилиндрическая антенна. Антенна с диаграммой направленности косекансной формы.	8	12	4	24
4	Антенны для телевидения, радиорелейных линий, спутниковой и космической радиосвязи	Телевизионные антенны: передающие (турникетные, панельные, радиальные вибраторы); приемные (директорные, зигзагообразные). Антенны радиорелейной линии прямой видимости: основные требования, двухзеркальная симметричная антенна со смещенной фокальной осью, антенна с вынесенным облучателем, рупорно-параболическая антенна, перископическая антенна. Антенны для спутниковой и космической радиосвязи: антенны земных станций и бортовые антенны систем спутниковой связи. Питание антенн.	8	12	4	24
5	Расчет и проектирование устройств СВЧ и антенн	Расчет и проектирование антенн. Методы решения задач синтеза антенн. Математическое моделирование антенн и устройств СВЧ. Автоматизированное проектирование устройств СВЧ и антенн: общая характеристика процесса проектирования антенн; основные принципы автоматизации проектирования; средства автоматизации проектирования; компьютерные программы автоматизации проектирования устройств СВЧ и антенн.	6	6	2	14
Часы на контроль						36
Итого за семестр 2			36	54	18	144
Итого за год			72	72	72	252

5.2. Перечень лабораторных работ

- 5.2.1. Изучение коаксиальных волноводов и фидеров.
- 5.2.2. Исследование волноводной линии передачи.
- 5.2.3. Исследование ферритового циркулятора.
- 5.2.4. Изучение способов согласования линии передачи СВЧ с нагрузкой.
- 5.2.5. Исследование директорной антенны.
- 5.2.6. Исследование ферритовой антенны.
- 5.2.7. Исследование рупорной антенны.
- 5.2.8. Изучение зеркальных антенн.
- 5.2.9. Исследование косекансной антенны.
- 5.2.10. Изучение антенных решеток.

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ

- 6.1. Прямоугольный волновод.
- 6.2. Круглый волновод.
- 6.3. Коаксиальный волновод.
- 6.4. Полосковые линии передачи.
- 6.5. Соединение линий передачи.
- 6.6. Переходы между линиями передачи.
- 6.7. Узкополосное согласование линий передачи СВЧ с нагрузкой.
- 6.8. Широкополосное согласование линии передачи СВЧ с нагрузкой.
- 6.9. Устройства согласования линий передачи СВЧ.
- 6.10. Нагрузки СВЧ.
- 6.11. Тройники.
- 6.12. Направленные ответвители.
- 6.13. Мостовые устройства.
- 6.14. Многоканальные делители мощности.
- 6.15. Вентили.
- 6.16. Циркуляторы.
- 6.17. Фазовращатели.
- 6.18. Поляризаторы.
- 6.19. Пирамидальная рупорная антенна.
- 6.20. Рупорно-линзовая антенна с линзой из искусственного диэлектрика.
- 6.21. Рупорно-линзовая антенна с металлопластинчатой линзой.
- 6.22. Диэлектрическая антенна-линза.
- 6.23. Металлопластинчатая антенна-линза.
- 6.24. Рупорно-параболическая антенна.
- 6.25. Перископическая антенна.
- 6.26. Параболический цилиндр.
- 6.27. Зеркальная антенна для телевизионного вещания.

- 6.28. Двухзеркальная антенна.
- 6.29. Директорная антенна (антенна «волновой канал»).
- 6.30. Сложная антенна с вращающейся поляризацией.
- 6.31. Многощелевая волноводная антенна.
- 6.32. Сложная стержневая диэлектрическая антенна.
- 6.33. Многовибраторная антенна с активным рефлектором.
- 6.34. Многовибраторная антенна с аperiodическим рефлектором.
- 6.35. Ромбическая антенна.
- 6.36. Параболоид вращения.
- 6.37. Частотно-независимая антенна.
- 6.38. Фазированная антенная решетка.
- 6.39. Многолучевая антенная решетка.
- 6.40. Адаптивная антенная решетка.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ 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 следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ОПК-5	Знает: а) место и роль устройств СВЧ и антенн в радиотехнических системах и комплексах; б) теорию электромагнитного поля в волноводных линиях передачи; в) физическую сущность процессов, протекающих в устройствах СВЧ и антеннах; г) методы решения инженерных задач по расчету устройств СВЧ и антенн с использованием соответствующего физико-математического аппарата.	а) представляет теорию ЭМП в волноводных линиях передачи; б) поясняет физическую сущность процессов в устройствах СВЧ и антеннах; в) рекомендует методы решения инженерных задач по расчету устройств СВЧ и антенн.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Умеет: а) использовать при решении задач анализа и проектирования устройств СВЧ и антенн соответствующий физико-математический аппарат; б) выбирать и обосновывать соответствующие современному уровню теории и техники структуры и конструкции устройств СВЧ и антенн с учетом их места в радиотехнических системах, электромагнитной совместимости и сопряжения их параметров с общими	а) использует соответствующий физико-математический аппарат при решении инженерных задач; б) выбирает и обосновывает необходимую структуру и конструкцию устройств СВЧ и антенн.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	параметрами системы.			
	Владеет: <i>а)</i> методами инженерного расчета основных параметров и характеристик устройств СВЧ и антенн; <i>б)</i> навыками проведения экспериментальных исследований и обработки результатов.	<i>а)</i> предлагает методы инженерного расчёта основных параметров устройств СВЧ и антенн; <i>б)</i> умеет проводить экспериментальные исследования и обрабатывать их результаты.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-5	Знает: <i>а)</i> основные уравнения электромагнитного поля и методы их использования при расчетах простейших структур для излучения электромагнитных волн; <i>б)</i> аналитические и численные методы расчета основных устройств СВЧ и антенн.	<i>а)</i> анализирует основные уравнения ЭМП; <i>б)</i> перечисляет аналитические и численные методы расчета основных устройств СВЧ и антенн.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Умеет: <i>а)</i> использовать персональные ЭВМ для расчета и проектирования устройств СВЧ и антенн; <i>б)</i> выполнять математическое моделирование устройств СВЧ и антенн с помощью универсальных (типовых, стандартных) и специализированных пакетов прикладных программ (программного обеспечения).	<i>а)</i> использует персональные ЭВМ при расчете и проектировании устройств СВЧ и А; <i>б)</i> моделирует устройства СВЧ и антенн с помощью универсальных и специализированных пакетов прикладных программ.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	Владеет: <i>а)</i> навыками работы с персональным компьютером; <i>б)</i> математическим аппаратом для описания принципа действия устройств СВЧ и антенн; <i>в)</i> навыками использования универсального и специализированного программного обеспечения для инженерных расчетов устройств СВЧ и антенн.	<i>а)</i> умеет работать на персональном компьютере; <i>б)</i> использует математический аппарат для описания принципов действия устройств СВЧ и антенн; <i>в)</i> использует универсальное и специализированное ПО для инженерного расчета устройств СВЧ и антенн.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
--	--	--	--	--

7.1.2. Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 8 семестре по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«не удовлетворительно»;

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Не-удовл.
ОПК-5	Знает: а) место и роль устройств СВЧ и антенн в радиотехнических системах и комплексах; б) теорию электромагнитного поля в волноводных линиях передачи; в) физическую сущность процессов, протекающих в устройствах СВЧ и антеннах; г) методы решения инженерных задач по расчету устройств СВЧ и антенн с использованием соответствующего физико-математического аппарата.	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	Умеет: а) использовать при решении задач анализа и проектирования устройств СВЧ и антенн соответствующих физико-математический аппарат; б) выбирать и обосновывать соответствующие современному уровню теории и техники структуры и конструкции устройств СВЧ и антенн с учетом их места в радиотехнических системах, электромагнитной совместимости и сопряжения их параметров с общими параметрами систе-	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Показан верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Показан верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

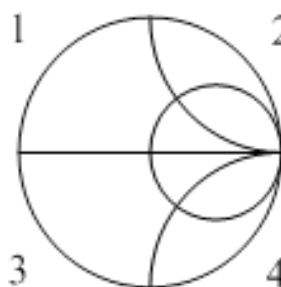
	мы.					
	Владеет: а) методами инженерного расчета основных параметров и характеристик устройств СВЧ и антенн; б) навыками проведения экспериментальных исследований и обработки результатов.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Показан верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Показан верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ПК-5	Знает: а) основные уравнения электромагнитного поля и методы их использования при расчетах простейших структур для излучения электромагнитных волн; б) аналитические и численные методы расчета основных устройств СВЧ и антенн.	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	Умеет: а) использовать персональные ЭВМ для расчета и проектирования устройств СВЧ и антенн; б) выполнять математическое моделирование устройств СВЧ и антенн с помощью универсальных (типовых, стандартных) и специализированных пакетов прикладных программ (программного обеспечения).	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Показан верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Показан верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	Владеет: а) навыками работы с персональным компьютером; б) математическим аппаратом для описания принципа действия устройств СВЧ и антенн; в) навыками использования универсального и специализированного программного обеспечения.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Показан верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Показан верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

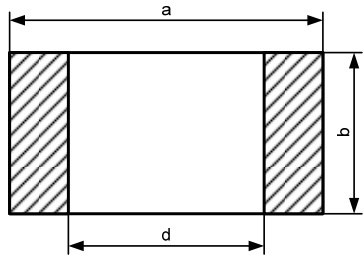
	ния для инженерных расчетов устройств СВЧ и антенн.					
--	---	--	--	--	--	--

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

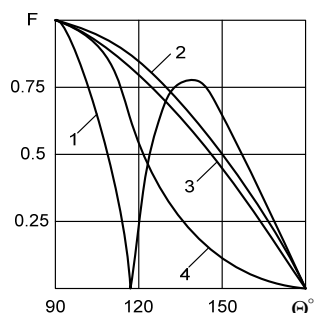
№	Вопрос	Варианты ответов	Код ответа
1	Поперечная электромагнитная волна (Т-волна) НЕ может распространяться в	А. коаксиальном кабеле Б. круглом волноводе В. полосковой линии Г. микрополосковой линии	1А 1Б 1В 1Г
2	Компланарная линия передачи представляет собой	А. двухпроводную линию Б. трёхпроводную полосковую линию В. многопроводную проволочную линию Г. коаксиальный волновод	2А 2Б 2В 2Г
3	Бегущая волна, воздаваемая генератором и движущаяся в направлении возрастания продольной координаты линии передачи, называется	А. падающей Б. отраженной В. гибридной Г. электрической	3А 3Б 3В 3Г
4	Термин «четвертьволновый трансформатор» употребляется для отрезков линий с электрической длиной $\beta \cdot l$, равной	А. π Б. $\pi/4$ В. $\pi/2$ Г. $3\pi/4$	4А 4Б 4В 4Г
5	На частоте 1 ГГц согласованная нагрузка, подключенная к тракту с волновым сопротивлением 50 Ом, имеет полное входное сопротивление $52 + j \cdot 4.2$ Ом. Точка, соответствующая такому сопротивлению, на номограмме Вольперта-Смита будет расположена в четверти	А. 1 Б. 2 В. 3 Г. 4	5А 5Б 5В 5Г



6	На рисунке сечения прямоугольного волновода показана	А. резонансная диафрагма Б. индуктивный штырь В. емкостная диафрагма Г. индуктивная диафрагма 	6А 6Б 6В 6Г
7	Режим работы резонатора, при котором в определённой полосе частот (соответствующей спектру поступающего сигнала, либо условиям возбуждения генератора) могут существовать колебания только одного типа, называется	А. многомодовым Б. основным В. резонансным Г. одномодовым	7А 7Б 7В 7Г
8	Вырожденными колебаниями называются колебания	А. с разной структурой поля и одинаковыми резонансными частотами Б. с одинаковой структурой поля и разными резонансными частотами В. с разной структурой поля и разными резонансными частотами Г. с одинаковой структурой поля и одинаковыми резонансными частотами	8А 8Б 8В 8Г
9	Метод анализа устройств СВЧ, предусматривающий замену каждого выделенного базового элемента некоторой схемой замещения, состоящей из сосредоточенных элементов L, C и R и отрезков линии передачи, называется	А. рекомпозицией Б. интеграцией В. декомпозицией Г. дезинтеграцией	9А 9Б 9В 9Г
10	Для взаимных четырёхполосников определитель матрицы передачи равен	А. единице Б. нулю В. модулю коэффициента отражения Г. модулю коэффициента передачи	10А 10Б 10В 10Г

7.2.2. Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

№	Вопрос	Варианты ответов	Код ответа
1	К проекционным методам анализа СВЧ цепей относятся: А. конечных разностей, Б. Бубнова-Галёркина, В. Трефтца, Г. коллокаций	А. А и Г. Б. В и Г. В. А и Б. Г. Б и В.	1А 1Б 1В 1Г
2	Комплексная векторная нормированная диаграмма направленности антенны НЕ характеризует ее	А. степень согласования. Б. поляризационные свойства. В. фазовые свойства. Г. угловое распределение поля.	2А 2Б 2В 2Г
3	Степень концентрации излучения в направлении максимума амплитудной диаграммы направленности оценивается	А. уровнем боковых лепестков. Б. коэффициентом направленного действия. В. коэффициентом полезного действия. Г. коэффициентом использования поверхностей.	3А 3Б 3В 3Г
4	Излучающая система с равномерным распределением амплитуды возбуждения и линейным распределением фазы волны называется	А. идеальным линейным излучателем. Б. антенной решеткой. В. диполем. Г. магнитным вибратором.	4А 4Б 4В 4Г
5	Способом подавления побочных главных максимумов антенной решетки НЕ является	А. ограничение шага решетки. Б. применение направленных элементов. В. неэквидистантное расположение излучателей. Г. снижение мощности излучения.	5А 5Б 5В 5Г
6	Форма амплитудной диаграммы направленности симметричного электрического вибратора в меридиональной плоскости зависит от	А. входного сопротивления вибратора. Б. положение точек подключения к вибратору генератора. В. распределение тока вдоль вибратора. Г. толщины вибратора.	6А 6Б 6В 6Г
7	Из семейств диаграмм направленности вибратора в меридиональной плоскости для различных l/λ случаю $l = 0.5\lambda$ соответствует кривая	А. 1. Б. 2. В. 3. Г. 4.	7А 7Б 7В 7Г
8	Фазовый центр симметрич-	А. совпадает с его серединой.	8А



	ного электрического вибратора	Б. отсутствует. В. располагается на одном из его концов. Г. обладает сильной дисперсией.	8Б 8В 8Г
9	Множитель направленности двух вибраторов при их равноамплитудном возбуждении и расстоянии между ними 0.25λ в графическом представлении имеет вид кардиоиды, если сдвиг фаз возбуждающих эти вибраторы токов равен	А. 0. Б. $\pi / 2$. В. π . Г. $\pi / 4$.	9А 9Б 9В 9Г
10	Пассивный излучатель в системе связанных вибраторов, обеспечивающий максимум излучения в сторону активного вибратора, называется	А. директором. Б. облучателем. В. рефлектором. Г. шунтом.	10А 10Б 10В 10Г

7.2.3. Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1	Для излучения волн с круговой поляризацией микрополосковые антенны	А. не приспособлены. Б. возбуждаются квадратурно (в резонаторе присутствуют колебания двух ортогональных линейных поляризаций с равной амплитудой и взаимным фазовым сдвигом $\pm \pi / 2$. В. возбуждаются коаксиальной линией. Г. должны работать в диапазоне частот не более 10 ГГц.	1А 1Б 1В 1Г
2	Несимметричный полуволновой электрический вибратор резонирует на частоте 2.5 ГГц, при этом его длина составляет	А. 12 см. Б. 25 мм. В. 25 см. Г. 12,5 см.	2А 2Б 2В 2Г
3	Коэффициент стоячей волны однозначно связан с модулем коэффициента отражения через формулу	А. $1 - \rho $. Б. $\frac{1- \rho }{1+ \rho }$. В. $\frac{1+ \rho }{1- \rho }$. Г. $1 + \rho $.	3А 3Б 3В 3Г
4	Фронт волны в пирамидальном рупоре имеет	А. сферическую форму. Б. плоскую форму. В. цилиндрическую форму. Г. цилиндрическую форму с образующей, параллельной вектору Н.	4А 4Б 4В 4Г
5	Сопротивление излучения полуволнового вибратора приблизительно равно	А. 200 Ом. Б. 50 Ом. В. 75 Ом.	5А 5Б 5В

		Г. 1 кОм.	5Г
6	Одной из целей, преследуемых при создании фазированных антенных решеток, является	А. формирование глубоких минимумов и максимумов в амплитудной ДН, направленных на помеху. Б. создание тороидальной ДН всей антенной системы. В. выравнивание фаз сигналов всех элементов, входящих в ФАР. Г. повышение входного сопротивления антенной решетки.	6А 6Б 6В 6Г
7	Направление вектора Умова-Пойтинга совпадает с	А. направлением вектора напряженности электрического поля. Б. направлением вектора напряженности магнитного поля. В. направлением переноса энергии волны. Г. направлением вектора магнитной индукции.	7А 7Б 7В 7Г
8	Принцип работы развязывающих устройств волнового типа основан на	А. эффекте Коттона-Мутона. Б. эффекте Фарадея. В. эффекте Доплера. Г. скин-эффекте.	8А 8Б 8В 8Г
9	Игольчатой диаграммой направленности обладают: 1) петлевой вибратор, 2) ТЕМ-рупор, 3) зеркальная параболическая антенна, 4) симметричный электрический вибратор, 5) щелевая антенна бегущей волны, 6) турникетный вибратор.	А. 2, 3, 5. Б. 1, 4, 6. В. 2, 3, 5, 6. Г. все.	9А 9Б 9В 9Г
10	Антенны, у которых может быть выделена плоская поверхность раскрытия, формирующая остронаправленное излучение, относятся к	А. вибраторным. Б. полосковым. В. микрополосковым. Г. апертурным.	10А 10Б 10В 10Г

7.2.4. Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену (Экзаменационные вопросы)

1. Роль и значение устройств СВЧ и антенн в радиотехнических системах и комплексах.
2. Классификация устройства СВЧ и антенн.
3. Характеристики устройств СВЧ: коэффициенты распространения волны, затухания и фазы.
4. Характеристики устройств СВЧ: коэффициенты отражения, бегущей и стоячей волн.
5. Характеристики устройств СВЧ: входное сопротивление линии передачи, коэффициент полезного действия.
6. Характеристики антенн: диаграмма направленности, фазовая и поляризационные характеристики.
7. Характеристики антенн: действующая высота (длина), эффективная площадь (поверхность), коэффициент использования площади.
8. Характеристики антенн: коэффициенты усиления, направленного и полезного действия.
9. Характеристики антенн: сопротивление излучения, входное сопротивление, допускаемая излучаемая мощность.
10. Характеристики антенн: рабочий диапазон частот, шумовая температура.
11. Режимы работы линии передачи без потерь и с потерями.
12. Металлические волноводы. Режимы работы волновода.
13. Прямоугольный волновод.
14. Круглый волновод.
15. Коаксиальный волновод.
16. Полосковые линии передачи.
17. Соединения, изгибы и скрутки линий передачи.
18. Переходы между линиями передачи.
19. Выбор линии передачи.
20. Цели согласования линии передачи с нагрузкой (антенной).
21. Способы и устройства узкополосного согласования.
22. Способы и устройства широкополосного согласования.
23. Симметрирующие устройства.
24. Нагрузки, тройники, направленные ответвители.
25. Мостовые устройства, многоканальные делители мощности, трансформаторы типов волн.
26. Основные свойства ферритов.

27. Ферритовые вентили.
28. Ферритовые циркуляторы.
29. Устройство управления амплитудой СВЧ-колебаний.
30. Симметричный вибратор: распространение тока, диаграмма направленности.
31. Симметричный вибратор: коэффициент направленного действия, действующая высота (длина), сопротивление излучения.
32. Способы подключения симметричного вибратора к фидерному тракту.
33. Антенные решетки. Способы управления диаграммой направленности.
34. Эквидистантная и неэквидистантная антенные решетки.
35. Фазированные антенные решетки (ФАР). Активные и пассивные ФАР.
36. ФАР: Схемы последовательного и параллельного питания.
37. Проходная и отражательная схемы распределения мощности (распределители оптического типа).
38. Многолучевые антенные решетки. Последовательная и параллельная диаграммообразующие схемы (ДОС).
39. Адаптивные антенные решетки.
40. Рупорные антенны.
41. Зеркальные антенны.
42. Линзовые антенны.
43. Облучатели зеркальных антенн.
44. Параболический цилиндр (параболоцилиндрическая антенна).
45. Косекансная антенна.
46. Передающие телевизионные антенны.
47. Приемные телевизионные антенны.
48. Антенны для радиорелейных линий.
49. Антенны для спутниковой и космической радиосвязи.
50. Антенны для мобильной (подвижной) радиосвязи.
51. Методы решения задач синтеза антенн.
52. Математическое моделирование устройств СВЧ и антенн.
53. Автоматизированное проектирование устройств СВЧ и антенн.

7.2.5. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Экзамен проводится по билетам, каждый из которых содержит 3 вопроса и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос оценивается 5 баллами, задача оценивается 10 баллами. Максимальное количество набранных баллов – 25.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 10 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 10 до 15 баллов

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 15 до 20 баллов.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 20 до 25 баллов.

7.2.6. Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Классификация, характеристики и параметры устройств СВЧ и антенн	ОПК-5, ПК-5, ПСК-2.4, ПСК-2.4	Тест, защита лабораторных работ, устный опрос, экзамен
2	Линии передачи СВЧ	ОПК-5, ПК-5, ПСК-2.4	Тест, защита лабораторных работ, устный опрос, экзамен
3	Согласование линии передачи СВЧ с нагрузкой и симметрирование	ОПК-5, ПК-5, ПСК-2.4	Тест, защита лабораторных работ, устный опрос, экзамен
4	Устройства СВЧ	ОПК-5, ПК-5, ПСК-2.4	Тест, защита лабораторных работ, устный опрос, экзамен
5	Симметричный вибратор	ОПК-5, ПК-5, ПСК-2.4	Тест, защита лабораторных работ, устный опрос, зачет
6	Антенные решётки	ОПК-5, ПК-5, ПСК-2.4	Тест, защита лабораторных работ, устный опрос, зачет
7	Апертурные антенны СВЧ	ОПК-5, ПК-5, ПСК-2.4	Тест, защита лабораторных работ, устный опрос, зачет
8	Антенны для телевидения, радиорелейных линий, спутниковой и космической радиосвязи	ОПК-5, ПК-5, ПСК-2.4	Тест, защита лабораторных работ, устный опрос, зачет
9	Расчет и проектирование устройств СВЧ и антенн	ОПК-5, ПК-5, ПСК-2.4	Тест, защита лабораторных работ, устный опрос, зачет

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 методике 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 методике 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 методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (см. таблицу)

**ФОНД УЧЕБНОЙ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ «УСТРОЙСТВА СВЧ И АНТЕННЫ»**

24

Тип носителя (печ. / электр.)	Наименование	Автор, название, место издания, издательство, год издания, URL (для фонда ЭБС)	Кол-во экз. / точек доступа	Книгообеспеченность
Печ	Учебник	1. Антенно-фидерные устройства и распространение радиоволн: учебник / Г.А. Ерохин, О.В. Чернышов, Н.Д. Козырев, В.Г. Кочержевский. Под ред. Г.А. Ерохина. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 491 с.	50	0,8
Печ.	Учебное пособие	2. Фельд Я.Н. Основы теории антенн: учеб. пособие. – М.: Дрофа, 2007. – 491 с.	50	0,8
Электр.	Учебное пособие	3. Замотринский В.А. Устройства СВЧ и антенны: учеб пособие. Часть 1. Устройства СВЧ / В.А. Замотринский, Л.И. Шангина. – Томск: ТГУСУ и Р, 2012. – 223 с. URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=208566	Неогр.	1
Электр	Учебное пособие	4. Буянов Ю. И. Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства: учеб. пособие / Ю.И. Буянов, Г.Г. Гошин. – Томск: ТУСУР, 2013. – 300 с. URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=480512	Неогр.	1
Печ.	Учебник	5. Нефедов Е.И. Антенно-фидерные устройства и распространение радиоволн: Учебник. – М.: Академия,	30	0,5

		2006. – 320 с.		
--	--	----------------	--	--

Электр.	Учебное пособие	6. Антенно-фидерные устройства [электронный ресурс]: учеб. пособие. Электрон. текстовые, граф. дан. (9000 Кб). – Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2016. – 1 файл.	Неогр.	1
Электр.	Учебное пособие	7. Горбачев А.П. Проектирование директорных антенн методом наводимых электродвижущих сил: учеб. пособие / А.П. Горбачев, Н.В. Тарасенко. – Новосибирск: НГТУ, 2013. – 116 с. URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=228604	Неогр.	1
Электр	Учебное пособие	8. Семенихин А.И. Проектирование зеркальных антенн с помощью пакета Mathcad: учеб. пособие / А.И. Семенихин, В.Г. Кошкидько, А.В. Климов. – Таганрог: ЮФУ, 2016. – 81 с. URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=493306	Неогр.	1
Электр.	Учебное пособие	9. Обуховец В.А. Проектирование фазированных антенных решеток / В.А. Обуховец. – Таганрог: ЮФУ, 2016. – 80 с. URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=493259	Неогр.	1

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:

8.2.1. Компьютерные практические работы:

Автоматизированное проектирование антенн: специализированное программное обеспечение для компьютерного моделирования устройств СВЧ и антенн SuperNec 2.5.

8.2.2. Мультимедийные видеофрагменты:

- | | |
|--|--|
| - Как работает спутниковая антенна. | - Штыревая антенна. |
| - L110.16D Антенна активная. | - Направление спутниковой антенны. |
| - Антенна Кассегрена. | - Всеволновая телевизионная антенна L113.20. |
| - Антенна Уда-Яги. | - Мотоподвес спутниковой антенны. |
| - Виды моторизированной антенны. | - Активные антенны Locus |
| - Рамочная антенна. | - Турникетная антенна. |
| - Диаграмма направленности антенны. | - Телевизионная антенна L023.09. |
| - Спиральная антенна. | - Всеволновая телевизионная антенна L024.12. |
| - Выбор мотоподвеса спутниковой антенны. | - Ферритовая антенна. |
| - Коэффициент направленного действия антенны | |

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

- 9.1. Специализированная лекционная аудитория,** оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций, проекционной аппаратурой и интерактивными досками.
- 9.2. Учебная лаборатория:** «Антенны и СВЧ-устройства».
- 9.3. Стенды для измерения направленных свойств антенн и исследования характеристик передачи устройств СВЧ:** 4 лабораторных стенда, включающих панорамные измерители КСВН и ослаблений в СВЧ-диапазоне, генераторы СВЧ, измерительные линии и осциллографы, а также устройства СВЧ (аттенюаторы, вентили, ферритовые поляризаторы, р-і-п-диодные модуляторы, звуковые генераторы, цифровые вольтметры и источники питания).
- 9.4. Установка для измерения диаграмм направленности антенн**

СВЧ, включающая опорноповоротное устройство, измерительный усилитель, цифровой вольтметр, анализатор спектра (измеритель мощности/ детектор СВЧ-колебаний), а также генератор СВЧ, эталонную рупорную антенну и комплект исследуемых антенн СВЧ.

- 9.5. Дисплейный класс**, оснащенный компьютерными программами для проведения лабораторного практикума, 6 рабочих мест для компьютерного моделирования устройства СВЧ и антенн (требования к ПК – тактовая частота не ниже 2 ГГц, ОЗУ не менее 4 Гб.).

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Устройства СВЧ и антенны».

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета устройств СВЧ и антенн. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

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

Методика выполнения курсовой работы изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы контрольной работы должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой контрольной работы, защитой контрольной работы.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать 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.

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 выполнить 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, 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	Актуализирован раздел 8 в части учебно-методического обеспечения дисциплины; в части состава используемого лицензионного программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем; Актуализирован раздел 9 в части материально-технической базы необходимой для проведения образовательного процесса.	30.08.2018	
2	Актуализирован раздел 8 в части учебно-методического обеспечения дисциплины; в части состава используемого лицензионного программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем; Актуализирован раздел 9 в части материально-технической базы необходимой для проведения образовательного процесса.	30.08.2019	
3	Актуализирован раздел 8 в части учебно-методического обеспечения дисциплины; в части состава используемого лицензионного программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем; Актуализирован раздел 9 в части материально-технической базы необходимой для проведения образовательного процесса.	30.08.2020	