

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Физико-технический факультет

УТВЕРЖДАЮ:
Проректор по учебной работе,
качеству образования – первый
проректор

Хагуров Т.А.
подпись
« 29 » 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

***Б1.В.05 АНТЕННЫЕ УСТРОЙСТВА В РАДИОЭЛЕКТРОНИКЕ
И НАНОЭЛЕКТРОНИКЕ***

(код и наименование дисциплины в соответствии с учебным планом)

Направление подготовки / специальность

11.03.04 Электроника и наноэлектроника

(код и наименование направления подготовки/специальности)

Направленность (профиль) / специализация

Интегральная электроника, фотоника и наноэлектроника

(наименование направленности (профиля) специализации)

Форма обучения

очная

(очная, очно-заочная, заочная)

Квалификация

бакалавр

(бакалавр, магистр, специалист)

Краснодар 2020

Рабочая программа дисциплины Б1.В.05 «Антенные устройства в радиоэлектронике и наноэлектронике» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника».

Программу составил:

К.С. Коротков, д-р техн. наук,
профессор кафедры оптоэлектроники



подпись

Рабочая программа дисциплины Б1.В.05 «Антенные устройства в радиоэлектронике и наноэлектронике» утверждена на заседании кафедры оптоэлектроники ФТФ, протокол № 10 от 17 апреля 2020 г. Заведующий кафедрой оптоэлектроники д-р техн. наук, профессор Яковенко Н.А.



подпись

Рабочая программа дисциплины обсуждена на заседании кафедры радиофизики и нанотехнологий, протокол № 6 от 20 апреля 2020 г. Заведующий кафедрой, д-р физ.-мат. наук Копытов Г.Ф.



подпись

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии физико-технического факультета, протокол № 9 от 20 апреля 2020 г.

Председатель УМК ФТФ
д-р физ.-мат. наук, профессор Богатов Н.М.



подпись

Рецензенты:

Воеводин Е.М., канд. техн. наук, начальник подразделения надёжности и качества АО «КПЗ «Каскад»

Исаев В.А., д-р физ.-мат. наук, зав. кафедрой теоретической физики и компьютерных технологий

1. Цели и задачи изучения дисциплины

1.1. Цель дисциплины

Устройства СВЧ и антенны – это один из наиболее важных разделов радиотехники, связанный непосредственно с устройствами приема, передачи и обработки информации на сверхвысоких частотах, являющимся на сегодняшний день самым широко используемым на практике диапазоном частот.

Формирование комплекса устойчивых знаний, умений и навыков решения типовых задач, связанных с проектной, научно-исследовательской, и производственно-технологической деятельностью в области создания и эксплуатации СВЧ-трактов и антенных устройств различного назначения на основе изучения принципов функционирования устройств СВЧ и антенн, изучения аналитических и численных методов их расчёта и эксплуатационных задач их применения.

1.2. Задачи дисциплины

Задачами освоения дисциплины «Антенные устройства в радиоэлектронике и наноэлектронике» являются:

- ознакомление студентов с теоретическими основами проектирования СВЧ трактов и антенных устройств;
- формирование навыков анализа и синтеза СВЧ устройств и антенн.
- изучение аналитических и численных методов расчета СВЧ устройств и антенн.

1.3. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Антенные устройства в радиоэлектронике и наноэлектронике» относится к вариативной части Блока 1 "Дисциплины (модули)" учебного плана.

Для освоения данной дисциплины необходимо владеть методами математического анализа, аналитической геометрии, линейной алгебры, решением алгебраических, дифференциальных и интегральных уравнений; теории функций комплексного переменного, теории вероятностей и математической статистики; знать основные физические законы; уметь применять математические методы и физические законы для решения практических задач.

В результате изучения настоящей дисциплины студенты должны получить знания, имеющие не только самостоятельное значение, но и обеспечивающие направленную подготовку для усвоения дисциплин вариативной части блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана.

Таким образом, программа дисциплины «Антенные устройства в радиоэлектронике и наноэлектронике» согласуется со всеми учебными программами дисциплин базовой Б1.Б и вариативной Б1.В частей модуля (дисциплин) Б1 учебного плана.

1.4. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся профессиональных компетенций (ПК):

№ п.п.	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
1.	ОПК-8	способностью использовать нормативные документы в своей деятельности	- методы и средства теоретического и экспериментального исследования СВЧ-цепей;	- системно анализировать информацию; - использовать теоретические знания для генерации новых идей);	- методами контроля соответствия разрабатываемых проектов технической документации стандартам, техническим условиям и требованиям
2	ПК-15	способностью к сервисному обслуживанию измерительного, диагностического, технологического оборудования	- как выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ	- осуществлять сбор и анализ научно-технической информации, обобщать отечественный и зарубежный опыт в области радиотехники, проводить анализ патентной литературы	- программными экспериментальных исследований, включая выбор технических средств и обработку результатов

2. Структура и содержание дисциплины

2.1. Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет **4** зач. ед. (**144** часа), их распределение по видам работ представлено в таблице (для студентов ОФО).

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры (часы)
		8
Контактная работа, в том числе:		
Аудиторные занятия (всего)	60	60
Занятия лекционного типа	20	20
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)	-	-
Лабораторные занятия	40	40
Иная контактная работа:		
Контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4
Промежуточная аттестация (ИКР) в форме экзамена	0,3	0,3
Самостоятельная работа, в том числе (всего):	53	53
Курсовая работа	-	-

Проработка учебного (теоретического) материала		26	26
Выполнение индивидуальных заданий (подготовка сообщений, презентаций)		–	–
Реферат		–	–
Подготовка к контролю		27	27
Контроль, в том числе:			
Подготовка к экзамену		26,7	26,7
Общая трудоемкость	час.	144	144
	в том числе контактная работа	64,3	64,3
	зач. ед.	4	4

2.2. Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.

Разделы дисциплины, изучаемые в 8 семестре.

№	Наименование разделов (тем)	Количество часов					
		Всего	Аудиторная работа			КСР	Самостоятельная работа СРС
			Л	ПЗ	ЛР		
1.	Линии передачи и элементы СВЧ-тракта	13	2	-	5	1	6
2.	Матричное описание многополюсников СВЧ	12	2	-	4		6
3.	Методы анализа и синтеза устройств СВЧ	13	2	-	5	1	6
4.	Управляющие устройства СВЧ	12	2	-	4		6
5.	Основы теории антенн	15	4	-	5	1	7
6.	Параметры антенных систем в передающем и приемном режимах	14	3	-	4		5
7.	Линейные излучающие системы	12	2	-	5		5
8.	Апертурные антенны	13	2	-	4	1	5
9.	Антенны различных диапазонов волн	13	1	-	4		7
	<i>Итого по дисциплине:</i>	117	20	-	40	4	53

2.3. Содержание разделов дисциплины:

2.3.1. Занятия лекционного типа

№	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	Линии передачи и элементы СВЧ-тракта	Основные параметры линии передачи (дисперсионная характеристика, затухание, электропрочность и др.). Классификация линий и краткий обзор по диапазонам волн. Единая математическая модель для отрезка линии передачи. Трансформация сопротивлений. Круговая номограмма. Расчет согласующих цепей.	КВ
2	Матричное описание многополюсников СВЧ	Виды матриц - рассеяния, сопротивлений, проводимостей, передачи. Соотношения между матрицами. Способы измерений элементов матриц (включая автоматизированные). Ограничения на элементы матриц, налагаемые условиями взаимности, симметрии и отсутствия потерь.	КВ
3	Методы анализа и синтеза устройств СВЧ	Принцип декомпозиции. Метод синфазного и противофазного возбуждения для симметричных восьмиполюсников. Анализ и синтез направленных ответвителей (связанные линии, гибридное кольцо, квадратный мост).	КВ
4	Управляющие устройства СВЧ	Классификация управляющих устройств. Фазовращатели и коммутаторы на управляемых PIN-диодах. Теоретические ограничения на достижимые параметры коммутирующих устройств. Ферритовые приборы - вентили, циркуляторы, фазовращатели.	КВ
5	Основы теории антенн	Структурная схема антенны. Общие алгоритмы нахождения с помощью ЭВМ электромагнитного поля излучающей системы токов в дальней, промежуточной и ближней областях.	КВ
6	Параметры антенных систем в передающем и приемном режимах	Комплексная характеристика направленности. Поляризационные и фазовые свойства. Коэффициент направленного действия (КНД), коэффициент усиления, ширина луча, уровень бокового излучения и другие параметры. Взаимосвязь между параметрами. Методы экспериментального исследования антенных устройств. Антенные полигоны, безэховые камеры, коллиматоры.	КВ
7	Линейные излучающие системы	Идеальный линейный излучатель. Режимы излучения - поперечный, сканирующий, осевой. Ширина луча, КНД. Влияние вида амплитудно-фазового распределения возбуждения на параметры линейной антенны.	КВ
8	Апертурные антенны	Сведение плоских и неплоских апертур к эквивалентным линейным излучателям. Характеристики направленности, КНД, эффективная поверхность плоского раскрыва. Возможности фокусировки раскрыва в промежуточной и ближней областях излученного поля. Зеркальные, рупорные, линзовые	КВ

		апертурные антенны. Схемы построения одно-, двух- и многозеркальных антенн. Оптимизация облучателей зеркал и линз.	
9	Антенны различных диапазонов волн	Характерные особенности антенн в зависимости от применяемого диапазона волн. Общие свойства антенн малых электрических размеров. Антенны длинных, средних, коротких волн. УКВ-антенны. Способы увеличения рабочей полосы частот. Логоспиральные и логоспиральные антенны.	КВ

2.3.2. Занятия семинарского типа

Согласно учебному плану семинарские занятия не предусмотрены.

2.3.3. Лабораторные занятия

№	Наименование раздела	Наименование лабораторных работ	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1	Линии передачи и элементы СВЧ-тракта	Изучение измерительной линии СВЧ.	ЛР
2	Матричное описание многополюсников СВЧ	Изучение скалярного анализатора цепей	ЛР
3	Методы анализа и синтеза устройств СВЧ	Изучение векторного анализатора цепей	ЛР
4	Методы анализа и синтеза устройств СВЧ	Изучение двойного Т-образного моста.	ЛР
5	Методы анализа и синтеза устройств СВЧ	Измерение комплексного коэффициента отражения и согласование нагрузки с помощью диаграммы Смита.	ЛР
6	Антенны различных диапазонов волн	Изучение рупорной антенны 8-12 ГГц.	ЛР
7	Управляющие устройства СВЧ	Исследование резонатора на железиттриевом гранате.	ЛР

Примечание: Ответы на контрольные вопросы (КВ), защита лабораторной работы (ЛР)

В результате выполнения лабораторных работ у студентов формируются и оцениваются все требуемые ФГОС и ООП для направления 11.03.04 Электроника и наноэлектроника (профиль: Нанотехнологии в электронике) компетенции: ОК-8, ПК-15.

2.3.4. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Согласно учебному плану курсовые работы (проекты) по данной дисциплине не предусмотрены.

2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

№	Вид СРС	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
---	---------	---

1	Проработка учебного (теоретического материала), подготовка к текущей и промежуточной аттестации (зачёту и вопросам)	<p>1 Сомов, А.М. Устройства СВЧ и малогабаритные антенны [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.М. Сомов, А.Ю. Виноградов, Р.В. Кабетов. — Электрон. дан. — М.: Горячая линия-Телеком, 2012. — 444 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=5201 — Загл. с экрана.</p> <p>2 Григорьев А. Д. Электродинамика и микроволновая техника [Текст] : учебник для студентов вузов / А. Д. Григорьев. - Изд. 2-е, доп. - СПб. [и др.] : Лань, 2007. - 703 с., [2] л. цв. ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Библиогр.: с. 692-693. - ISBN 9785811407064 : 540 р. 50 к.</p> <p>3 Методические указания по организации самостоятельной работы студентов, утвержденные кафедрой оптоэлектроники, протокол № 6 от «01» марта 2017 г.</p>
2	Подготовка к практическим занятиям	<p>1 Методические указания по организации самостоятельной работы студентов, утвержденные кафедрой оптоэлектроники, протокол № 6 от «01» марта 2017 г.</p> <p>2 Антенны и устройства (СВЧ): расчет и измерение характеристик : учебное пособие для вузов / Ю. Е. Мительман, Р. Р. Абдуллин, С. Г. Сычугов, С. Н. Шабунин ; под общ. ред. Ю. Е. Мительмана. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 138 с. — (Серия : Университеты России). — ISBN 978-5-534-03401-1. — Режим доступа : www.biblio-online.ru/book/409DAF0A-8B2E-4EFD-B99A-A3AAB4270BA8.</p> <p>3 Нефедов, Е. И. Устройства СВЧ и антенны [Текст] : учебное пособие для студентов вузов / Е. И. Нефедов. - М. : Академия, 2009. - 376 с. : ил. - (Высшее профессиональное образование. Радиоэлектроника). - Библиогр.: с. 363-367. - ISBN 9785769547102 : 406.67.</p> <p>4 Неганов, В. А. Устройства СВЧ и антенны [Текст] : [учебник]. Ч. 1 : Проектирование, конструктивная реализация, примеры применения устройств СВЧ / В. А. Неганов, Д. С. Клюев, Д. П. Табаков ; под ред. В. А. Неганова. - Изд. стер. - Москва : URSS : [ЛЕНАНД], 2016. - 602 с. : ил. - Библиогр.: с. 580-591. - ISBN 978-5-9710-3365-3 : 715 р. 47</p>
3	Подготовка к выполнению лабораторных работ	<p>1 Антенны и устройства (СВЧ): расчет и измерение характеристик : учебное пособие для вузов / Ю. Е. Мительман, Р. Р. Абдуллин, С. Г. Сычугов, С. Н. Шабунин ; под общ. ред. Ю. Е. Мительмана. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 138 с. — (Серия : Университеты России). — ISBN 978-5-534-03401-1. — Режим доступа : www.biblio-online.ru/book/409DAF0A-8B2E-4EFD-B99A-A3AAB4270BA8</p> <p>2 Методические указания по организации самостоятельной работы студентов, утвержденные кафедрой оптоэлектроники, протокол № 6 от «01» марта 2017 г.</p>

Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по темам программы для проработки теоретического материала

№	Наименование раздела	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	Линии передачи и элементы СВЧ-	1 Сомов, А.М. Устройства СВЧ и малогабаритные антенны [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.М. Сомов,

	тракта	<p>А.Ю. Виноградов, Р.В. Кабетов. — Электрон. дан. — М.: Горячая линия-Телеком, 2012. — 444 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=5201 — Загл. с экрана.</p> <p>2 Григорьев А. Д. Электродинамика и микроволновая техника [Текст] : учебник для студентов вузов / А. Д. Григорьев. - Изд. 2-е, доп. - СПб. [и др.] : Лань, 2007. - 703 с., [2] л. цв. ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Библиогр.: с. 692-693. - ISBN 9785811407064 : 540 р. 50 к.</p>
2	Матричное описание многополюсников СВЧ	<p>1 Сомов, А.М. Устройства СВЧ и малогабаритные антенны [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.М. Сомов, А.Ю. Виноградов, Р.В. Кабетов. — Электрон. дан. — М.: Горячая линия-Телеком, 2012. — 444 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=5201 — Загл. с экрана.</p> <p>2 Григорьев А. Д. Электродинамика и микроволновая техника [Текст] : учебник для студентов вузов / А. Д. Григорьев. - Изд. 2-е, доп. - СПб. [и др.] : Лань, 2007. - 703 с., [2] л. цв. ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Библиогр.: с. 692-693. - ISBN 9785811407064 : 540 р. 50 к.</p>
3	Методы анализа и синтеза устройств СВЧ	<p>1 Сомов, А.М. Устройства СВЧ и малогабаритные антенны [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.М. Сомов, А.Ю. Виноградов, Р.В. Кабетов. — Электрон. дан. — М.: Горячая линия-Телеком, 2012. — 444 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=5201 — Загл. с экрана.</p> <p>2 Григорьев А. Д. Электродинамика и микроволновая техника [Текст] : учебник для студентов вузов / А. Д. Григорьев. - Изд. 2-е, доп. - СПб. [и др.] : Лань, 2007. - 703 с., [2] л. цв. ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Библиогр.: с. 692-693. - ISBN 9785811407064 : 540 р. 50 к.</p>
4	Управляющие устройства СВЧ	<p>1 Сомов, А.М. Устройства СВЧ и малогабаритные антенны [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.М. Сомов, А.Ю. Виноградов, Р.В. Кабетов. — Электрон. дан. — М.: Горячая линия-Телеком, 2012. — 444 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=5201 — Загл. с экрана.</p> <p>2 Григорьев А. Д. Электродинамика и микроволновая техника [Текст] : учебник для студентов вузов / А. Д. Григорьев. - Изд. 2-е, доп. - СПб. [и др.] : Лань, 2007. - 703 с., [2] л. цв. ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Библиогр.: с. 692-693. - ISBN 9785811407064 : 540 р. 50 к.</p>
5	Основы теории антенн	<p>1 Сомов, А.М. Устройства СВЧ и малогабаритные антенны [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.М. Сомов, А.Ю. Виноградов, Р.В. Кабетов. — Электрон. дан. — М.: Горячая линия-Телеком, 2012. — 444 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=5201 — Загл. с экрана.</p> <p>2 Григорьев А. Д. Электродинамика и микроволновая техника [Текст] : учебник для студентов вузов / А. Д. Григорьев. - Изд. 2-е, доп. - СПб. [и др.] : Лань, 2007. - 703 с., [2] л. цв. ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). -</p>

		Библиогр.: с. 692-693. - ISBN 9785811407064 : 540 p. 50 к.
6	Параметры антенных систем в передающем и приемном режимах	1 Сомов, А.М. Устройства СВЧ и малогабаритные антенны [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.М. Сомов, А.Ю. Виноградов, Р.В. Кабетов. — Электрон. дан. — М.: Горячая линия-Телеком, 2012. — 444 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=5201 — Загл. с экрана. 2 Григорьев А. Д. Электродинамика и микроволновая техника [Текст] : учебник для студентов вузов / А. Д. Григорьев. - Изд. 2-е, доп. - СПб. [и др.] : Лань, 2007. - 703 с., [2] л. цв. ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Библиогр.: с. 692-693. - ISBN 9785811407064 : 540 p. 50 к.
7	Линейные излучающие системы	1 Сомов, А.М. Устройства СВЧ и малогабаритные антенны [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.М. Сомов, А.Ю. Виноградов, Р.В. Кабетов. — Электрон. дан. — М.: Горячая линия-Телеком, 2012. — 444 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=5201 — Загл. с экрана. 2 Григорьев А. Д. Электродинамика и микроволновая техника [Текст] : учебник для студентов вузов / А. Д. Григорьев. - Изд. 2-е, доп. - СПб. [и др.] : Лань, 2007. - 703 с., [2] л. цв. ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Библиогр.: с. 692-693. - ISBN 9785811407064 : 540 p. 50 к.
8	Апертурные антенны	1 Сомов, А.М. Устройства СВЧ и малогабаритные антенны [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.М. Сомов, А.Ю. Виноградов, Р.В. Кабетов. — Электрон. дан. — М.: Горячая линия-Телеком, 2012. — 444 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=5201 — Загл. с экрана. 2 Григорьев А. Д. Электродинамика и микроволновая техника [Текст] : учебник для студентов вузов / А. Д. Григорьев. - Изд. 2-е, доп. - СПб. [и др.] : Лань, 2007. - 703 с., [2] л. цв. ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Библиогр.: с. 692-693. - ISBN 9785811407064 : 540 p. 50 к.
9	Антенны различных диапазонов волн	1 Сомов, А.М. Устройства СВЧ и малогабаритные антенны [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.М. Сомов, А.Ю. Виноградов, Р.В. Кабетов. — Электрон. дан. — М.: Горячая линия-Телеком, 2012. — 444 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=5201 — Загл. с экрана. 2 Григорьев А. Д. Электродинамика и микроволновая техника [Текст] : учебник для студентов вузов / А. Д. Григорьев. - Изд. 2-е, доп. - СПб. [и др.] : Лань, 2007. - 703 с., [2] л. цв. ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Библиогр.: с. 692-693. - ISBN 9785811407064 : 540 p. 50 к.

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

– в форме электронного документа или в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в форме электронного документа или печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в форме электронного документа или печатной форме.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

1 Образовательные технологии

В процессе преподавания дисциплины используются следующие методы:

- лекции;
- проведение практических занятий;
- домашние задания;
- опрос;
- индивидуальные практические задания;
- контрольные работы;
- защита лабораторных работ;
- консультации преподавателей;
- самостоятельная работа студентов (изучение теоретического материала, подготовка к лабораторным занятиям, выполнение домашних работ и индивидуальных типовых расчетов, подготовка к опросу, тестированию и экзамену).

Для проведения всех лекционных и практических (семинарских) занятий используются мультимедийные средства воспроизведения активного содержимого, позволяющего слушателю воспринимать особенности изучаемого материала, зачастую играющие решающую роль в понимании и восприятии, а также формировании профессиональных компетенций. Интерактивные аудиторные занятия с использованием мультимедийных систем позволяют активно и эффективно вовлекать учащихся в учебный процесс и осуществлять обратную связь. Помимо этого, становится возможным эффективное обсуждение сложных и дискуссионных вопросов и проблем.

По изучаемой дисциплине студентам предоставляется возможность открыто пользоваться (в том числе копировать на личные носители информации) подготовленными ведущим данную дисциплину преподавателем материалами в виде **электронного комплекса сопровождения**, включающего в себя:

- электронные конспекты лекций;
- электронные планы практических (семинарских) занятий;
- электронные варианты учебно-методических пособий для выполнения лабораторных заданий;
- списки контрольных вопросов к каждой теме изучаемого курса;
- разнообразную дополнительную литературу, относящуюся к изучаемой дисциплине в электронном виде (в различных текстовых форматах *.doc, *.rtf, *.htm, *.txt, *.pdf, *.djvu и графических форматах *.jpg, *.png, *.gif, *.tif).

Сопровождение самостоятельной работы студентов также организовано в следующих формах:

- усвоение, дополнение и вникание в разбираемые разделы дисциплины при помощи знаний, получаемых по средствам изучения рекомендуемой литературы и осуществляемое путем написания реферативных работ;
- консультации, организованные для разъяснения проблемных моментов при самостоятельном изучении тех или иных аспектов разделов усваиваемой информации в дисциплине.

Основные образовательные технологии, используемые в учебном процессе:

- интерактивная лекция с мультимедийной системой с активным вовлечением студентов в учебный процесс и обратной связью;
- лекции с проблемным изложением;
- обсуждение сложных и дискуссионных вопросов и проблем и разрешение проблем;
- компьютерные занятия в режимах взаимодействия «преподаватель – студент», «студент – преподаватель», «студент – студент»;
- технологии смешанного обучения: дистанционные задания и упражнения, составление глоссариев терминов и определений, групповые методы Wiki, интернет-тестирование и анкетирование.

Интерактивные образовательные технологии, используемые в аудиторных занятиях:

- технология развития критического мышления;
- лекции с проблемным изложением;
- использование средств мультимедиа;
- изучение и закрепление нового материала (интерактивная лекция, работа с наглядными пособиями, видео- и аудиоматериалами, использование вопросов, Сократический диалог);
- работа в малых группах;
- использование средств мультимедиа (компьютерные классы);

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

2 Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

4.1 Фонд оценочных средств для проведения текущей аттестации

Ниже приводятся контрольные вопросы для проведения текущей аттестации во время лекций и практических занятий для всех разделов рабочей программы.

Раздел 1.

- 1 Решение волнового уравнения для произвольной передающей линии.
- 2 Фазовая скорость и длина волны в передающих линиях СВЧ.
- 3 Дисперсия в передающих линиях СВЧ и свойства дисперсионных волн.
- 4 Типы волн распространяющихся по передающим линиям.
- 5 Концепция парциальных волн.
- 6 Типы волн которые могут распространяться в прямоугольном волноводе.
- 7 Структура поля в прямоугольном волноводе типа TE (H10) и токи в его стенках.
- 8 Типы волн в круглом волноводе, волна типа TE
- 9 Высшие типы волн в коаксиальной линии передачи.
- 10 Возбуждение волновод, потери в волноводах и передающих линиях СВЧ.

Раздел 2.

- 11 Матрицы рассеяния и передачи, особенности их применения, сложения и перемножения.
- 12 Способы определения элементов матриц с помощью короткого замыкания, холостого хода и согласованной нагрузки.
- 13 Применение матриц рассеяния для расчёта СВЧ узлов в том числе ориентированными графами.

Раздел 3.

- 14 Волновод в режиме отсечки, запердельный волновод.
- 15 Микрополосковые линии передачи и их особенности.
- 16 Неоднородности в волноводах типа ступеньки, диафрагмы в волноводах.
- 17 Согласование холостой ход и короткое замыкание в волноводе и коаксиале.
- 18 Волноводные разветвители и двойной волноводный тройник.
- 19 Коаксиальные делители мощности в диапазоне СВЧ.
- 20 Векторные диаграммы напряжения и тока в диапазоне СВЧ, коэффициент отражения.
- 21 Принципы построения круговой диаграммы полных сопротивлений
- 22 Основные применения круговых диаграмм.
- 23 Трансформаторы полных сопротивлений, четвертьволновые трансформаторы и их расчёт с помощью диаграммы полных сопротивлений.
- 24 Типы резонаторов СВЧ, волноводные, коаксиальные, микрополосковые и особенности их работы.
- 25 Способы расчёта резонаторов СВЧ, основные параметры резонаторов и способы их измерения.

Раздел 4.

- 26 Классификация управляющих устройств СВЧ, PIN-диодные аттенюаторы.
- 27 Фазовращатели и коммутаторы на базе PIN-диодов.
- 28 Ферритовые устройства СВЧ.

Раздел 5.

- 29 Особенности распространения радиоволн в различных диапазонах частот, основные задачи теории антенн, общие положения.
- 30 Основы теории симметричных вибраторов. Приближённый закон распределения тока в симметричном вибраторе. Диаграмма направленности и коэффициент усиления СЭВ, входное сопротивление и сопротивление излучения антенны. Основы строгого решения задачи о симметричном электрическом вибраторе. Управляющие устройства СВЧ
- 31 Структурная схема антенны. Общие алгоритмы нахождения с помощью ЭВМ электромагнитного поля излучающей системы токов в дальней, промежуточной и ближней областях. Простейшие излучатели линейной и круговой поляризации (вибраторы, рамки, турникеты, элементы Гюйгенса, микрополосковые элементы). Учет влияния плоских и искривленных поверхностей на излучение источников.

Раздел 6.

- 32 Параметры антенных систем в передающем и приемном режимах. Комплексная характеристика направленности. Поляризационные и фазовые свойства. Коэффициент направленного действия (КНД), коэффициент усиления, ширина луча, уровень бокового излучения и другие параметры. Взаимосвязь между параметрами. Методы экспериментального исследования антенных устройств. Антенные полигоны, безэховые камеры, коллиматоры. Автоматизация антенных измерений и антенные эталоны. Обобщенное представление антенны в радиосистеме в виде четырехполюсника. Эквивалентная схема приемной антенны. Поляризационные со-

отношения при радиоприеме. Эффективная поверхность и шумовая температура приемной антенны. Взаимное сопротивление между близко и далеко расположенными излучателями. Эквивалентная отражающая поверхность антенны и способы ее изменения. Проблема электромагнитной совместимости и подходы к решению соответствующих антенных аспектов.

Раздел 7.

33 Линейные излучающие системы. Идеальный линейный излучатель. Режимы излучения - поперечный, сканирующий, осевой. Ширина луча, КНД. Влияние вида амплитудно-фазового распределения возбуждения на параметры линейной антенны. Равномерная линейная фазированная антенная решетка. Выбор шага решетки. КНД решетки и мощность излучения. Понятие о методах синтеза линейных излучателей и решеток. Антенны осевого излучения - диэлектрические, спиральные, импедансные, директорные. Оптимизация антенн осевого излучения. Волноводно-целевые антенные решетки. Микрополосковые антенные решетки.

Раздел 8.

34 Апертурные антенны. Сведение плоских и неплоских апертур к эквивалентным линейным излучателям. Характеристики направленности, КНД, эффективная поверхность плоского раскрыва. Возможности фокусировки раскрыва в промежуточной и ближней областях излученного поля. Зеркальные, рупорные, линзовые апертурные антенны. Схемы построения одно-, двух- и многозеркальных антенн. Оптимизация облучателей зеркал и линз. Гибридные зеркальные и линзовые антенны с облучателями в виде решеток. Методы управления сканированием луча. Суммарные и разностные характеристики направленности. Плоские фазированные антенные решетки. Размещение излучателей по раскрыву по критерию отсутствия побочных главных максимумов. Схемы построения и разновидности антенных решеток. Активные фазированные антенные решетки. Многолучевые, переизлучающие, многочастотные, радиооптические антенные решетки. Понятие об адаптивных антенных решетках. Антенны с синтезированной апертурой, с нелинейной обработкой сигнала.

Раздел 9.

35 Антенны различных диапазонов волн. Характерные особенности антенн в зависимости от применяемого диапазона волн. Общие свойства антенн малых электрических размеров. Антенны длинных, средних, коротких волн. УКВ-антенны. Способы увеличения рабочей полосы частот. Логопериодические и логоспиральные антенны. Антенные устройства базовых станций и терминалов систем подвижной радиосвязи, антенные устройства для радиорелейных линий и систем космической радиосвязи. Особенности антенн для подвижных объектов. Пассивные и активные приемные антенны.

36 Рамочные антенны. Антенна Надененко. Дисконусные антенны. Комбинированные антенны для телевизионного приёма. Параболические антенны. Антенны портативных радиостанций

37 Рамочные антенны. Антенна Надененко. Дисконусные антенны. Комбинированные антенны для телевизионного приёма. Параболические антенны. Антенны портативных радиостанций

4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

4.2.1 Вопросы, выносимые на экзамен по дисциплине «Устройства СВЧ и антенны» для направления подготовки: 11.03.01 Радиотехника

- 1 Решение волнового уравнения для произвольной передающей линии.
- 2 Фазовая скорость и длина волны в передающих линиях СВЧ.
- 3 Дисперсия в передающих линиях СВЧ и свойства дисперсионных волн.
- 4 Типы волн, распространяющихся по передающим линиям.
- 5 Концепция парциальных волн.
- 6 Типы волн, которые могут распространяться в прямоугольном волноводе.
- 7 Структура поля в прямоугольном волноводе типа TE (H10) и токи в его стенках.
- 8 Типы волн в круглом волноводе, волна типа TE
- 9 Высшие типы волн в коаксиальной линии передачи.
- 10 Возбуждение волноводов, потери в волноводах и передающих линиях СВЧ.
- 11 Волновод в режиме отсечки, запердельный волновод.
- 12 Микрополосковые линии передачи и их особенности.
- 13 Неоднородности в волноводах типа ступеньки, диафрагмы в волноводах.
- 14 Согласование холостой ход и короткое замыкание в волноводе и коаксиале.
- 15 Волноводные разветвители и двойной волноводный тройник.
- 16 Коаксиальные делители мощности в диапазоне СВЧ.
- 17 Векторные диаграммы напряжения и тока в диапазоне СВЧ, коэффициент отражения.
- 18 Принципы построения круговой диаграммы полных сопротивлений
- 19 Основные применения круговых диаграмм.
- 20 Трансформаторы полных сопротивлений, четвертьволновые трансформаторы и их расчёт с помощью диаграммы полных сопротивлений.
- 21 Типы резонаторов СВЧ, волноводные, коаксиальные, микрополосковые и особенности их работы.
- 22 Способы расчёта резонаторов СВЧ, основные параметры резонаторов и способы их измерения.
- 23 Матрицы рассеяния и передачи, особенности их применения, сложения и перемножения.
- 24 Способы определения элементов матриц с помощью короткого замыкания, холостого хода и согласованной нагрузки.
- 25 Применение матриц рассеяния для расчёта СВЧ узлов в том числе ориентированными графами.
- 26 Классификация управляющих устройств СВЧ, PIN-диодные аттенюаторы.
- 27 Фазовращатели и коммутаторы на базе PIN-диодов.
- 28 Ферритовые устройства СВЧ.
- 29 Особенности распространения радиоволн в различных диапазонах частот, основные задачи теории антенн, общие положения.
- 30 Основы теории симметричных вибраторов. Приближённый закон распределения тока в симметричном вибраторе. Диаграмма направленности и коэффициент усиления СЭВ, входное сопротивление и сопротивление излучения антенны. Основы строгого решения задачи о симметричном электрическом вибраторе. Управляющие устройства СВЧ
- 31 Структурная схема антенны. Общие алгоритмы нахождения с помощью ЭВМ электромагнитного поля излучающей системы токов в дальней, промежуточной и ближней областях. Простейшие излучатели линейной и круговой поляризации (вибраторы, рамки, турникеты, элементы Гюйгенса, микрополосковые элемен-

ты). Учет влияния плоских и искривленных поверхностей на излучение источников.

32 Параметры антенных систем в передающем и приемном режимах. Комплексная характеристика направленности. Поляризационные и фазовые свойства. Коэффициент направленного действия (КНД), коэффициент усиления, ширина луча, уровень бокового излучения и другие параметры. Взаимосвязь между параметрами. Методы экспериментального исследования антенных устройств. Антенные полигоны, безэховые камеры, коллиматоры. Автоматизация антенных измерений и антенные эталоны. Обобщенное представление антенны в радиосистеме в виде четырехполюсника. Эквивалентная схема приемной антенны. Поляризационные соотношения при радиоприеме. Эффективная поверхность и шумовая температура приемной антенны. Взаимное сопротивление между близко и далеко расположенными излучателями. Эквивалентная отражающая поверхность антенны и способы ее изменения. Проблема электромагнитной совместимости и подходы к решению соответствующих антенных аспектов.

33 Линейные излучающие системы. Идеальный линейный излучатель. Режимы излучения - поперечный, сканирующий, осевой. Ширина луча, КНД. Влияние вида амплитудно-фазового распределения возбуждения на параметры линейной антенны. Равномерная линейная фазированная антенная решетка. Выбор шага решетки. КНД решетки и мощность излучения. Понятие о методах синтеза линейных излучателей и решеток. Антенны осевого излучения - диэлектрические, спиральные, импедансные, директорные. Оптимизация антенн осевого излучения. Волноводно-щелевые антенные решетки. Микрополосковые антенные решетки.

34 Апертурные антенны. Сведение плоских и неплоских апертур к эквивалентным линейным излучателям. Характеристики направленности, КНД, эффективная поверхность плоского раскрытия. Возможности фокусировки раскрытия в промежуточной и ближней областях излученного поля. Зеркальные, рупорные, линзовые апертурные антенны. Схемы построения одно-, двух- и многозеркальных антенн. Оптимизация облучателей зеркал и линз. Гибридные зеркальные и линзовые антенны с облучателями в виде решеток. Методы управления сканированием луча. Суммарные и разностные характеристики направленности. Плоские фазированные антенные решетки. Размещение излучателей по раскрытию по критерию отсутствия побочных главных максимумов. Схемы построения и разновидности антенных решеток. Активные фазированные антенные решетки. Многолучевые, переизлучающие, многочастотные, радиооптические антенные решетки. Понятие об адаптивных антенных решетках. Антенны с синтезированной апертурой, с нелинейной обработкой сигнала.

35 Антенны различных диапазонов волн. Характерные особенности антенн в зависимости от применяемого диапазона волн. Общие свойства антенн малых электрических размеров. Антенны длинных, средних, коротких волн. УКВ-антенны. Способы увеличения рабочей полосы частот. Логопериодические и логоспиральные антенны. Антенные устройства базовых станций и терминалов систем подвижной радиосвязи, антенные устройства для радиорелейных линий и систем космической радиосвязи. Особенности антенн для подвижных объектов. Пассивные и активные приемные антенны.

36 Рамочные антенны. Антенна Надененко. Дисконусные антенны. Комбинированные антенны для телевизионного приёма. Параболические антенны. Антенны портативных радиостанций

5.1 Основная литература:

- 1 Сомов, А.М. Устройства СВЧ и малогабаритные антенны [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.М. Сомов, А.Ю. Виноградов, Р.В. Кабетов. — Электрон. дан. — М.: Горячая линия-Телеком, 2012. — 444 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=5201 — Загл. с экрана.
- 2 Устройства СВЧ и антенны [Текст] : учебное пособие для студентов вузов / Е. И. Нефедов. - М. : Академия, 2009. - 376 с. : ил. - (Высшее профессиональное образование. Радиоэлектроника). - Библиогр.: с. 363-367.
- 3 Григорьев А. Д. Электродинамика и микроволновая техника [Текст] : учебник для студентов вузов / А. Д. Григорьев. - Изд. 2-е, доп. - СПб. [и др.] : Лань, 2007. - 703 с., [2] л. цв. ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Библиогр.: с. 692-693. - ISBN 9785811407064 : 540 р. 50 к.

5.2 Дополнительная литература:

- 1 Антенны и устройства (СВЧ): расчет и измерение характеристик : учебное пособие для вузов / Ю. Е. Мительман, Р. Р. Абдуллин, С. Г. Сычугов, С. Н. Шабунин ; под общ. ред. Ю. Е. Мительмана. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 138 с. — (Серия : Университеты России). — ISBN 978-5-534-03401-1. — Режим доступа : www.biblio-online.ru/book/409DAF0A-8B2E-4EFD-B99A-A3AAB4270BA8.
- 2 Нефедов, Е. И. Устройства СВЧ и антенны [Текст] : учебное пособие для студентов вузов / Е. И. Нефедов. - М. : Академия, 2009. - 376 с. : ил. - (Высшее профессиональное образование. Радиоэлектроника). - Библиогр.: с. 363-367. - ISBN 9785769547102 : 406.67.
- 3 Неганов, В. А. Устройства СВЧ и антенны [Текст] : [учебник]. Ч. 1 : Проектирование, конструктивная реализация, примеры применения устройств СВЧ / В. А. Неганов, Д. С. Ключев, Д. П. Табаков ; под ред. В. А. Неганова. - Изд. стер. - Москва : URSS : [ЛЕНАНД], 2016. - 602 с. : ил. - Библиогр.: с. 580-591. - ISBN 978-5-9710-3365-3 : 715 р. 47

5.3 Периодические издания:

Радиотехника, Радиотехника и электроника, Измерительная техника

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

- 1 Сайт кафедры теоретической радиотехники Московского авиационного института:
http://www.mai-trt.ru/?option=com_content&task=view&id=44&Itemid=49

7 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

На самостоятельную работу студентов, согласно требованиям ФГОС ВО по направлению 11.03.01 Радиотехника (профиль: Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов), отводится около 22,2 % времени (32 час. СРС) от общей трудоемкости дисциплины (144 час.). Сопровождение самостоятельной работы студентов может быть организовано в следующих формах:

- составлением индивидуальных планов самостоятельной работы каждого из студентов с указанием темы и видов занятий, форм и сроков представления результатов;
- проведением консультаций (индивидуальных или групповых), в том числе с применением дистанционной среды обучения.

Критерий оценки эффективности самостоятельной работы студентов формируется в ходе промежуточного контроля процесса выполнения заданий и осуществляется на основе различных способов взаимодействия в открытой информационной среде. В соответствии с этим при проведении оперативного контроля могут использоваться контрольные вопросы как к выполняемым работам лабораторного практикума, так и к соответствующим разделам дисциплины.

Контроль осуществляется посредством выполнения письменных контрольных работ.

По итогам выполнения каждой лабораторной работы студент составляет подробный письменный отчет, опираясь на который должен в беседе с преподавателем продемонстрировать знание теоретического и экспериментального материала, относящегося к работе. Проверка знаний студента основана на контрольных вопросах, приведенных в описании работы и дополнительных вопросах, касающихся соответствующих разделов основной дисциплины.

8 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю) (при необходимости)

8.1 Перечень необходимого программного обеспечения

- 1 Операционная система MS Windows.
- 2 Интегрированное офисное приложение MS Office.
- 3 Программное обеспечение для организации управляемого и безопасного доступа в Интернет.
- 4 Программное обеспечение для безопасной работы на компьютере – файловый антивирус, почтовый антивирус, веб-антивирус и сетевой экран.
- 5 Система компьютерной математики MATHCAD с необходимыми пакетами расширений.
- 6 Система схемотехнического моделирования Ltspice, Microcap.

8.2 Перечень необходимых информационных справочных систем

- 1 Википедия – свободная энциклопедия.
<http://ru.wikipedia.org/wiki/>
- 2 Академик – Словари и энциклопедии на Академике
<http://dic.academic.ru>

9 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Реализация Профиля предполагает наличие минимально необходимого для реализации бакалаврской программы перечня материально-технического обеспечения:

- лекционные аудитории (оборудованные видеопроекционным оборудованием для презентаций, средствами звуковоспроизведения, экраном, и имеющие выход в Интернет),
- классы, оборудованные стендами для проведения лабораторных работ.

При использовании электронных изданий вуз должен обеспечить каждого обучающегося во время самостоятельной подготовки рабочим местом в компьютерном классе с выходом в Интернет в соответствии с объемом изучаемых дисциплин.

№	Вид работ	Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и оснащенность
1.	Лекционные занятия	Лекционная аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) и соответствующим программным обеспечением (ПО) для воспроизведения файлов формата jpg и avi. Достаточным количеством посадочных мест: № 327С
2.	Практические занятия	Аудитория оснащенная тремя меловыми или маркерными досками, достаточным количеством посадочных мест со столами: №327С
3.	Лабораторные занятия	Лаборатория, укомплектованная специализированной мебелью и техническими средствами обучения. Проведение занятий лабораторного практикума предусмотрено в «Лаборатории аналоговой и цифровой электроники» №327С на учебном оборудовании.
5.	Групповые (индивидуальные) консультации	Помещение с достаточным количеством посадочных мест и меловой или маркерной доской: №327С
6.	Промежуточная аттестация	Помещение с достаточным количеством посадочных мест: №327С
7.	Самостоятельная работа	Кабинет для самостоятельной работы, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», программой экранного увеличения и обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета: № 208с