

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

СОГЛАСОВАНО

Заведующий кафедрой

Кафедра радиотехники (РТ_ОР)

наименование кафедры

подпись, инициалы, фамилия

«___» _____ 20__ г.

институт, реализующий ОП ВО

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

Кафедра радиотехники (РТ_ОР)

наименование кафедры

Ю.П. Саломатов

подпись, инициалы, фамилия

«___» _____ 20__ г.

институт, реализующий дисциплину

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
УСТРОЙСТВА СВЕРХВЫСОКОЙ
ЧАСТОТЫ (СВЧ) И АНТЕННЫ**

Дисциплина Б1.О.31 Устройства сверхвысокой частоты (СВЧ) и антенны

Направление подготовки / специальность 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы,
специализация 11 05 01 31

Направленность (профиль)

Форма обучения

очная

Год набора

2021

Красноярск 2021

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования с учетом профессиональных стандартов по укрупненной группе

110000 «ЭЛЕКТРОНИКА, РАДИОТЕХНИКА И СИСТЕМЫ СВЯЗИ»

Направление подготовки /специальность (профиль/специализация)

Направление 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы,
специализация 11.05.01.31 Радионавигационные системы и комплексы

Программу PhD, доцент, В.С. Панько
составили

1 Цели и задачи изучения дисциплины

1.1 Цель преподавания дисциплины

Дисциплина «Устройства сверхвысокой частоты (СВЧ) и антенны» входит в профессиональный цикл (базовая часть).

Целью преподавания дисциплины является ознакомление студентов с различными СВЧ - устройствами и антеннами, широко используемыми в радиотехнике, радиолокации и радионавигации.

1.2 Задачи изучения дисциплины

- создание у студентов представления о классе СВЧ устройств, предназначенном для обработки СВЧ сигналов в волноводных системах, формирования поля излучения требуемой структуры и преобразования поля распространяющихся электромагнитных волн в волноводные волны;

- выработка у студентов понятия о физических принципах, лежащих в основе конструкций антенн, элементов и узлов СВЧ техники;

- выработка представления о методах расчета характеристик антенн и волноводных систем, о методах разработки устройств с требуемыми свойствами;

- создание навыков расчета и проектирования конкретных СВЧ антенн и устройств;

- ознакомление студентов с современной методикой автоматизированного анализа и проектирования СВЧ устройств на основе применения ЭВМ.

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

1.4 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Курс базируется на ранее изученных дисциплинах:

Электродинамика и распространение радиоволн

Метрология и радиоизмерения

Физика

Радиотехнические цепи и сигналы

Схемотехника аналоговых электронных устройств

Основы теории цепей

Знания и умения, приобретенные в процессе изучения этой дисциплины, используются в дисциплинах:

Устройства приёма и обработки сигналов

Радиолокационные системы

Основы теории радиосистем передачи информации

Радионавигационные системы

Спутниковые системы навигации, связи и наблюдения

Проектирование радионавигационных систем

1.5 Особенности реализации дисциплины

Язык реализации дисциплины Русский.

Дисциплина (модуль) реализуется без применения ЭО и ДОТ.

2. Объем дисциплины (модуля)

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад.час)	Семестр	
		7	8
Общая трудоемкость дисциплины	7 (252)	4 (144)	3 (108)
Контактная работа с преподавателем:	3,5 (126)	2 (72)	1,5 (54)
занятия лекционного типа	1,5 (54)	1 (36)	0,5 (18)
занятия семинарского типа			
в том числе: семинары			
практические занятия	1 (36)	0,5 (18)	0,5 (18)
практикумы			
лабораторные работы	1 (36)	0,5 (18)	0,5 (18)
другие виды контактной работы			
в том числе: групповые консультации			
индивидуальные консультации			
иная внеаудиторная контактная работа:			
групповые занятия			
индивидуальные занятия			
Самостоятельная работа обучающихся:	2,5 (90)	1 (36)	1,5 (54)
изучение теоретического курса (ТО)			
расчетно-графические задания, задачи (РГЗ)			
реферат, эссе (Р)			
курсовое проектирование (КП)	Нет	Нет	Нет
курсовая работа (КР)	Да	Нет	Да
Промежуточная аттестация (Зачёт) (Экзамен)	1 (36)	1 (36)	

3 Содержание дисциплины (модуля)

3.1 Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план занятий)

№ п/п	Модули, темы (разделы) дисциплины	Занятия лекционного типа (акад. час)	Занятия семинарского типа		Самостоятельная работа, (акад. час)	Формируемые компетенции
			Семинары и/или Практические занятия (акад. час)	Лабораторные работы и/или Практикумы (акад. час)		
1	2	3	4	5	6	7
1	Общая теория приемных устройств	6	2	0	6	
2	Теория приемных антенн	3	0	0	3	
3	Линейные излучающие системы	5	4	6	5	
4	Апертурные антенны	3	2	12	3	
5	Сканирующие антенны	2	0	0	2	
6	Линии передачи сверхвысоких частот	2	4	0	2	
7	Матричная теория многополюсников в СВЧ	6	2	0	6	
8	Элементы и узлы СВЧ устройств.	6	4	0	6	
9	Фильтры СВЧ.	3	0	0	3	
10	Линии передачи СВЧ	2	2	6	6	
11	Многополюсники	2	2	2	6	
12	Балансные устройства	2	2	2	8	
13	Принципы согласования	2	2	4	8	

14	СВЧ-фильтры	2	2	2	8	
15	СВЧ-устройства на ферритах	2	2	0	3	
16	СВЧ-устройства с управляемыми характеристиками	2	2	0	3	
17	Линейные излучающие системы	2	2	0	6	
18	Апертурные антенны	2	2	2	6	
Всего		54	36	36	90	

3.2 Занятия лекционного типа

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий	Объем в акад. часах		
			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме

1	1	<p>История развития антенной техники и общая теория антенных устройств.</p> <p>Определение диапазона электромагнитных волн, относящихся к предмету настоящего курса – диапазону сверхвысоких частот (СВЧ). История зарождения и развития теории электричества и магнетизма, распространения электромагнитных волн СВЧ в пространстве и волноведущих структурах различного типа. Общая характеристика методов изучения современных антенных устройств.</p> <p>Место антенных устройств в радиотехнике.</p> <p>Исторический путь развития антенной техники. Вклад русских, советских и российских ученых в современные достижения антенной техники.</p> <p>Прямая и обратная задачи электродинамики в применении к антенной технике.</p> <p>Возможность решения этих задач для реальной антенной техники, способы таких решений.</p> <p>Структура радиосвязной линии.</p> <p>Роль антенн в обеспечении связи.</p> <p>Общий подход к решению задачи распределения токов в антенне и соответствующего им поля в пространстве.</p> <p>Критерий дальней и 8 ближней зоны излучения антенны.</p> <p>Основные понятия и определения антенной</p>	6	0	0
---	---	--	---	---	---

2	2	<p>Определение антенн, предназначенных для приема СВЧ сигналов. Основные свойства приемных антенн. Постановка задачи определения параметров приемных антенн. Принцип взаимности. Элементы теории приемных антенн. Эквивалентная схема приемной антенны. Падение плоской волны на элементарный излучатель – диполь Герца. Входное сопротивление приемной антенны. Коэффициент использования поверхности антенны (КИП). КНД, КПД и КУ приемной антенны. Шумовая температура приемной антенны. Влияние боковых лепестков амплитудной диаграммы направленности приемной антенны на шумовую температуру приемной антенны. Мощность шумов, подводимая к приемному устройству. Согласованный режим работы приемной антенны. Теорема перемножения диаграмм направленности.</p>	3	0	0
---	---	--	---	---	---

3	3	<p>Линейная излучающая система – основа антенн с узкой ДН. Метод линейного эквивалентного излучателя для анализа линейных излучающих систем. Множитель решетки линейных излучателей.</p> <p>Амплитудное и фазовое распределения в решетке линейных излучателей.</p> <p>Коэффициент замедления тока вдоль антенны. Замедленные и ускоренные волны в решетке линейных излучателей. Три режима работы решетки линейных излучателей: поперечного, наклонного и осевого излучения; зависимость этих режимов от коэффициента замедления. ДН решетки линейных излучателей в различных режимах излучения. Влияние амплитудного распределения в решетке линейных излучателей на параметры её амплитудной диаграммы направленности.</p> <p>Влияние фазовых искажений (линейных, квадратичных, кубических) в решетке линейных излучателей на параметры её амплитудной диаграммы направленности.</p> <p>Расширение луча основной ДН, «заплывание» нулей ДН, формирование спадающего амплитудно-фазового распределения в решетке при</p>	5	0	0
---	---	---	---	---	---

4	4	<p>Элементарный волноводный излучатель – открытый конец волновода; его основные характеристики и причины редкого использования. Рупоры – производные от волновода простейшие излучатели: секториальные, пирамидальные, конические. Поле в раскрыве рупора, длина которого намного больше длины излучаемой волны. Е и Н – секториальные рупоры. Амплитудная ДН рупоров; выравнивание фазы в рупорах; приближенный расчет рупоров. Применение принципа эквивалентных поверхностных токов к расчету излучения антенны в дальней и ближней зонах. Влияние амплитудного и фазового распределения поля в плоских раскрывах круглой и прямоугольной форм на характеристики направленности антенн. Граница основного потока мощности синфазной и сфокусированной апертур в ближней зоне.</p>	3	0	0
---	---	--	---	---	---

5	5	<p>Назначение сканирующих антенн. Необходимость в управлении главным лепестком, управлением положения нулей амплитудной ДН и их величиной. Основные методы сканирования: механический, электромеханический, электрический.</p> <p>Преимущества электрического способа сканирования: скорость, возможность использования сложных алгоритмов формирования основного лепестка ДН в сочетании с управлением положением боковых лепестков и нулей ДН, возможность многолучевого режима работы антенны.</p>	2	0	0
---	---	---	---	---	---

6	6	<p>Линии передачи СВЧ: определение, виды линий передачи. Характеристики линий передачи: основной тип волны в линии, волновое и характеристическое сопротивление линий передачи, потери в линии передачи, фазовая постоянная линии передачи, комплексный коэффициент распространения, комплексные амплитуды падающей и отраженной волн в линии. Параметры нагруженной линии передачи в приближении малых потерь в линии: входное сопротивление, коэффициент отражения, его модуль и фаза, коэффициент стоячей волны напряжения (КСВН) в линии, его модуль и фаза, коэффициент бегущей волны напряжения (КБВ) в линии, его модуль и фаза. Шумовая температура тракта СВЧ с линией передачи. Коэффициент полезного действия (КПД) линии передачи, допустимая мощность, передаваемая линией передачи. Типы линий передачи: воздушная линия, коаксиальная линия, симметричный кабель, прямоугольный и круглый волноводы, полосковые линии, диэлектрический волновод, световод. 13</p> <p>Особенности линий передачи с Т-волнами (ТЕМ-волнами). Особенности</p>	2	0	0
---	---	---	---	---	---

7	7	<p>Понятие многополюсника. Представление СВЧ устройств в виде эквивалентных многополюсников. Формальные матричный аппарат описания СВЧ-устройств и их элементов. Понятие СВЧ-многополюсника. Физические и виртуальные входы многополюсника. Сочетание методов электродинамики и теории цепей. Матрица [A]-параметров СВЧ устройств, в частности, линии передачи. Характеристики нагруженного четырехполюсника: входное сопротивление, выходное сопротивление. Матрица передачи $4n$ полюсника. Матрица сопротивлений и матрица проводимостей многополюсника. Использование для описания СВЧ многополюсников волновой матрицы рассеяния, представляющей комплексные амплитуды падающих и отраженных волн на входах многополюсника. Матрицы рассеяния простейших четырехполюсников. Свойства матрицы рассеяния. Матрица рассеяния многополюсника без потерь. Рабочие параметры СВЧ устройств и их связь с параметрами матрицы¹⁴ рассеяния. Соотношения между матрицами. Методика составления матриц.</p>	6	0	0
---	---	--	---	---	---

8	8	<p>Назначение и роль узлов и устройств СВЧ в системах приема и передачи СВЧ сигналов на примере рассмотрения обобщенной схемы радиотехнического СВЧ тракта. Классификация СВЧ устройств: по функциональному назначению, по диапазону рабочих частот, по принципу построения, по элементной базе, по схемотехническому исполнению, по конструктивно-технологическому исполнению и так далее. Краткая характеристика классификации устройств СВЧ по функциональному назначению и по диапазону частот использования.</p> <p>Делители мощности и балансные устройства СВЧ: волноводные E, H и Y – тройники.</p> <p>Устройство волноводного двойного T – моста; матрица его рассеяния.</p> <p>Рассмотрение двойного волноводного T – моста в плоскости E; рассмотрение двойного волноводного T – моста в плоскости H.</p> <p>Гибридное кольцо и волноводный щелевой мост. Матрица рассеяния гибридного H-кольца.</p>	6	0	0
---	---	---	---	---	---

9	9	<p>Назначение СВЧ фильтров, их основные характеристики: амплитудно-частотная и фазо-частотная. Классификация фильтров по типу полосы пропускания и задерживания: фильтры нижних частот (ФНЧ), фильтры верхних частот (ФВЧ), полосно-пропускающие (полосовые) фильтры (ППФ), полосно-заграждающие (режекторные) фильтры (ПЗФ).</p>	3	0	0
10	10	<p>Определение СВЧ-диапазона. Диапазоны радиочастот и радиоволн. Определение линии передачи СВЧ. Применение линий передачи. Классификация линий передачи. Погонные параметры линий передачи СВЧ. Линии передачи с Т-волной. Линии передачи с замедленной Н-волной. Волноводные линии передачи. Коэффициент полезного действия линии передачи. Шумовая температура СВЧ тракта. Круговая диаграмма сопротивлений и проводимостей (диаграмма Вольперта-Смита).</p>	2	0	0

11	11	<p>Понятие многополюсника. Матрицы передачи, сопротивлений, проводимостей и матрица рассеяния. Соотношения между матрицами многополюсника. Свойства матрицы рассеяния. Связь характеристик СВЧ-устройств с параметрами матрицы рассеяния. Метод зеркальных изображений для симметричных многополюсников.</p>	2	0	0
12	12	<p>Тройники. Сумматоры (делители). Направленные ответвители. Мостовые СВЧ-устройства.</p>	2	0	0
13	13	<p>Общие принципы согласования. Способы узкополосного и широкополосного согласования</p>	2	0	0
14	14	<p>Основные определения характеристик фильтров СВЧ. Классификация СВЧ-фильтров. Фильтр нижних частот. Фильтр верхних частот. Полосно-пропускающий фильтр. Полосно-заграждающий фильтр. Синтез и анализ СВЧ-фильтров. Фильтры-прототипы. Реализация и применение СВЧ-фильтров. Микрополосковые фильтры. Волноводные фильтры.</p>	2	0	0

15	15	Волны в намагниченной ферритовой среде. Явления в продольно намагниченной среде. Явления в поперечно намагниченной среде. Поляризатор на эффекте Фарадея. Вентиль на эффекте Фарадея. Циркулятор на эффекте Фарадея.	2	0	0
16	16	Классификация СВЧ-устройств с управляемыми характеристиками. Выключатели и переключатели. Аттенюаторы. Фазовращатели. Поляризаторы. СВЧ-устройства с коммутационными диодами.	2	0	0
17	17	Штыревые антенны. Антенны типа «волновой канал».	2	0	0
18	18	Рупорные антенны. Зеркальные антенны. Волноводно-щелевые антенны. Микрополосковые антенны.	2	0	0
Итого			54	0	0

3.3 Занятия семинарского типа

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий	Объем в акад. часах		
			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме
1	1	Решение задач по теме «Общая теория антенных устройств»	2	0	0
2	3	Решение задач по теме «Линейные излучающие системы»	4	0	0
3	4	Решение задач по теме «Апертурные антенны»	2	0	0

4	6	Решение задач по теме «Линии передачи сверхвысоких частот»	4	0	0
5	7	Решение задач по теме «Матричная теория многополюсников СВЧ»	2	0	0
6	8	Решение задач по теме «Элементы и узлы СВЧ-устройств»	4	0	0
7	10	Решение задач по теме «Линии передачи»	2	0	0
8	11	Решение задач по теме «Многополюсники. Матрица рассеяния»	2	0	0
9	12	Решение задач по теме «Балансные устройства»	2	0	0
10	13	Решение задач по теме «СВЧ-фильтры»	2	0	0
11	14	Решение задач по теме «Принципы согласования»	2	0	0
12	15	Решение задач по теме «СВЧ-устройства на ферритах»	2	0	0
13	16	Решение задач по теме «СВЧ-устройства с управляемыми характеристиками»	2	0	0
14	17	Решение задач по теме «Линейные излучающие системы»	2	0	0
15	18	Решение задач по теме «Апертурные антенны»	2	0	0
Итого			26	0	0

3.4 Лабораторные занятия

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий	Объем в акад. часах		
			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме
1	3	Лабораторная работа «Исследование антенны «волновой канал»	6	0	0
2	4	Лабораторная работа «Исследование рупорной антенны»	8	0	0

3	4	Лабораторная работа «Исследование однозеркальной параболической антенны»	4	0	0
4	10	Фильтры на сосредоточенных элементах	4	0	0
5	10	Микрополосковые мосты	2	0	0
6	11	Микрополосковые линии передачи и резонаторы	2	0	0
7	12	Микрополосковые фильтры (работа в схемотехническом модуле)	2	0	0
8	13	Микрополосковые фильтры (работа в электродинамическом модуле)	2	0	0
9	13	Микрополосковые направленные ответвители	2	0	0
10	14	Микрополосковые делители и сумматоры	2	0	0
11	18	Микрополосковые антенны	2	0	0
Итого			26	0	0

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

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л1.1	Воскресенский Д.И., Гостюхин В.Л., Грановская Р.А., Гринева К.И., Воскресенский Д.И.	Антенны и устройства СВЧ: (проектирование фазированных антенных решеток)	Москва: Радио и связь, 1981
Л1.2	Утв. 26.09.2002	Стандарт предприятия: Общие требования к оформлению текстовых и графических студенческих работ. Текстовые материалы и иллюстрации. СТП КГТУ 01-02	Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2002
Л1.3	Пименов Ю. В., Вольман В. И., Муравцов А. Д., Пименов Ю. В.	Техническая электродинамика: учебное пособие для вузов	Москва: Радио и связь, 2002
Л1.4	Сазонов Д.М.	Антенны и устройства СВЧ: Учеб. для вузов по спец. "Радиотехника"	Москва: Высшая школа, 1988

Л1.5	Сазонов Д.М., Гридин А.Н., Мишустин Б.А., Сазонов Д.М.	Устройства СВЧ: Учеб. пособие для вузов по спец. "Радиотехника"	Москва: Высшая школа, 1981
Л1.6	Воскресенский Д. И., Степаненко В. И., Филиппов В. С., Грановская Р. А., Гостюхин В. Л., Воскресенский Д. И.	Устройства СВЧ и антенны. Проектирование фазированных антенных решеток: учеб. пособие для вузов	Москва: Радиотехника, 2003
Л1.7	Ефанов В.И., Тихомиров А.А.	Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств и систем: Учеб. пособие	Томск: Томский государственный ун-т систем управления и радиоэлектроник и, 2004
Л1.8	Саломатов Ю. П., Сержантов А. М.	Устройства СВЧ и антенны: методические указания по выполнению курсовой работы	Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2005
Л1.9	Нефедов Е.И.	Техническая электродинамика: [учеб.пособие для вузов]	Москва: Академия, 2008
Л1.1 0	Ерохин А.А., Литинская Е. А., Панько В. С., Саломатов Ю. П.	Системы автоматизированного проектирования СВЧ устройств: учебно- методическое пособие для практических занятий и самостоятельной работы [для студентов напр. 210100.68 «Электроника и нанoeлектроника», 211000.68 «Конструирование и производство электронных средств»]	Красноярск: СФУ, 2013
Л1.1 1	Никольский В. В., Никольская Т. И.	Электродинамика и распространение радиоволн: учеб. пособие для студентов радиотехн. спец. вузов	Москва: URSS, 2011

5 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Оценочные средства находятся в приложении к рабочим программам дисциплин.

6 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

6.1. Основная литература			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год

Л1.1	Воскресенский Д. И., Гостюхин В. Л., Максимов В. М., Пономарев Л. И., Воскресенский Д. И.	Устройства СВЧ и антенны: учебник для вузов	Москва: Радиотехника, 2008
Л1.2	Саломатов Ю. П., Копылов А. Ф., Сержантов А. М., Волошин А. С., Былкова Г. К.	Устройства СВЧ и антенны: электрон. учеб.-метод. комплекс дисциплины	Красноярск: ИПК СФУ, 2008
Л1.3	Неганов В. А., Табаков Д. П., Яровой Г. П., Неганов В. А.	Современная теория и практические применения антенн: монография	Москва: Радиотехника, 2009
Л1.4	Григорьев Л. Н.	Цифровое формирование диаграммы направленности в фазированных антенных решетках	Москва: Радиотехника, 2010
Л1.5	Пономарев Л. И., Степаненко В. И., Пономарев Л. И.	Сканирующие многочастотные совмещенные антенные решетки: монография	Москва: Радиотехника, 2009
Л1.6	Нефедов Е.И.	Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства: учеб. пособие для студентов вузов	Москва: Академия, 2010
Л1.7	Воскресенский Д. И., Степаненко В. И., Филиппов В. С., Грановская Р. А., Гостюхин В. Л., Котов Ю. В., Пономарев Л. И., Терехин О. В., Волков О. А., Воскресенский Д. И.	Проектирование фазированных антенных решеток: учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлению "Радиотехника"	Москва: Радиотехника, 2012
Л1.8	Гостюхин В. Л., Трусов В. Н., Гостюхин А. В., Гостюхин В. Л.	Активные фазированные антенные решетки	Москва: Радиотехника, 2011
Л1.9	Саломатов Ю. П., Панько В. С., Лемберг К. В., Гафаров Е. Р., Волошин А. С., Рязанцев Р. О.	Устройства сверхвысоких частот и антенны: учебное пособие	Красноярск: СФУ, 2020
6.2. Дополнительная литература			

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л2.1	Нефедов Е. И.	Устройства СВЧ и антенны: учебное пособие для студентов вузов по специальностям направления подготовки "Радиотехника"	Москва: Academia (Академия), 2009
Л2.2	Разевиг В. Д., Потапов Ю. В., Курушин А. А., Разевиг В. Д.	Проектирование СВЧ устройств с помощью Microwave Office: монография	Москва: СОЛОН-Пресс, 2003
Л2.3	Хмель В.Ф., Чаплин А.Ф., Шумлянский И.И.	Антенны и устройства СВЧ: сборник задач: учебное пособие для студентов радиотехнических, метеорологических и геофизических специальностей вузов	Киев: Выща школа, 1990
Л2.4	Фролов О.П.	Антенны и фидерные тракты для радиорелейных линий связи: научное издание	Москва: Радио и связь, 2001
Л2.5	Гошин Г. Г.	Антенны и фидеры: сборник задач с формулами и решениями	Томск, 2003
Л2.6	Фриск В. В.	Основы теории цепей. Использование пакета Microwave Office для моделирования электрических цепей на персональном компьютере: учеб. пособие для студентов вузов	Москва: СОЛОН-Пресс, 2004
Л2.7	Фельд Я. Н., Бененсон Л. С.	Основы теории антенн: учеб. пособие для студентов вузов	Москва: Дрофа, 2007
Л2.8	Нефедов Е. И.	Устройства СВЧ и антенны: учебное пособие для студентов вузов по специальностям направления подготовки "Радиотехника"	Москва, 2009
Л2.9	Саломатов Ю. П., Копылов А. Ф., Волошин А. С.	Устройства СВЧ и антенны: учебно-методическое пособие для самостоятельной работы	Красноярск: СФУ, 2012
Л2.10	Саломатов Ю. П., Копылов А. Ф., Волошин А. С.	Устройства СВЧ и антенны: учебно-методическое пособие для самостоятельной работы	Красноярск: СФУ, 2012
Л2.11	Голдсмит А., Бирюков Н. Л., Триски Н. Р., Березовский В. А.	Беспроводные коммуникации	Москва: Техносфера, 2011
Л2.12	Хансен Р. С., Синани А. И.	Фазированные антенные решетки	Москва: Техносфера, 2012

Л2.1 3	Воскресенский Д. И., Овчинникова Е. В., Шмачилин П. А., Воскресенский Д. И.	Бортовые цифровые антенные решетки и их элементы: монография	Москва: Радиотехника, 2013
Л2.1 4	Баланис К. А., Иоанидес П. И., Юдинцев К. В., Попов В. В., Парнес М. Д.	Введение в смарт-антенны	Москва: Техносфера, 2012
Л2.1 5	Сомов А. М.	Распространение радиоволн и антенны спутниковых систем связи: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Информационная безопасность телекоммуникационных систем"	Москва: Горячая линия-Телеком, 2015
Л2.1 6	Сазонов Д. М.	Многоэлементные антенные системы. Матричный подход	Москва: Радиотехника, 2015
Л2.1 7	Саломатов Ю. П., Панько В. С., Сугак М. И., Саламатов Ю. П.	Кольцевые излучатели и антенные решетки	Санкт-Петербург: СПбГЭТУ ЛЭТИ, 2014
Л2.1 8	Банков С. Е.	Антенные решетки с последовательным питанием: [монография]	Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2013
Л2.1 9	Горбачев А. П., Тарасенко Н. В.	Проектирование директорных антенн методом наводимых электродвижущих сил: учеб. пособие	Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2013
Л2.2 0	Мительман Ю. Е., Абдуллин Р. Р., Сычугов С. Г., Шабунин С. Н., Мительман Ю. Е.	Антенны и устройства (СВЧ): расчет и измерение характеристик: учебное пособие для вузов по направлению подготовки бакалавриата "Радиотехника" и специалитета "Радиоэлектронные системы и комплексы", в УрФО	Москва: Юрайт, 2018
6.3. Методические разработки			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
ЛЗ.1	Воскресенский Д.И., Гостюхин В.Л., Грановская Р.А., Гринева К.И., Воскресенский Д.И.	Антенны и устройства СВЧ: (проектирование фазированных антенных решеток)	Москва: Радио и связь, 1981

ЛЗ.2	Утв. 26.09.2002	Стандарт предприятия: Общие требования к оформлению текстовых и графических студенческих работ. Текстовые материалы и иллюстрации. СТП КГТУ 01-02	Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2002
ЛЗ.3	Пименов Ю. В., Вольман В. И., Муравцов А. Д., Пименов Ю. В.	Техническая электродинамика: учебное пособие для вузов	Москва: Радио и связь, 2002
ЛЗ.4	Сазонов Д.М.	Антенны и устройства СВЧ: Учеб. для вузов по спец. "Радиотехника"	Москва: Высшая школа, 1988
ЛЗ.5	Сазонов Д.М., Гридин А.Н., Мишустин Б.А., Сазонов Д.М.	Устройства СВЧ: Учеб. пособие для вузов по спец. "Радиотехника"	Москва: Высшая школа, 1981
ЛЗ.6	Воскресенский Д. И., Степаненко В. И., Филиппов В. С., Грановская Р. А., Гостюхин В. Л., Воскресенский Д. И.	Устройства СВЧ и антенны. Проектирование фазированных антенных решеток: учеб. пособие для вузов	Москва: Радиотехника, 2003
ЛЗ.7	Ерохин Г.А., Чернышев О.В., Козырев Н.Д., Кочержевский В.Г., Ерохин Г.А.	Антенно-фидерные устройства и распространение радиоволн: учебник для вузов	Москва: Горячая линия-Телеком, 2004
ЛЗ.8	Ефанов В.И., Тихомиров А.А.	Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств и систем: Учеб. пособие	Томск: Томский государственный ун-т систем управления и радиоэлектроник и, 2004
ЛЗ.9	Саломатов Ю. П., Сержантов А. М.	Устройства СВЧ и антенны: методические указания по выполнению курсовой работы	Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2005
ЛЗ.10	Петров Б. М., Костромитин Г. И., Горемыкин Е. В.	Логопериодические вибраторные антенны: учеб. пособие для вузов	Москва: Горячая линия-Телеком, 2005
ЛЗ.11	Петров Б. М.	Электродинамика и распространение радиоволн: учебник для студентов вузов	Москва: Горячая линия-Телеком, 2007
ЛЗ.12	Морозов А. В., Нырцов А. Н., Шмаков Н. П.	Электродинамика и распространение радиоволн: учебник для вузов	Москва: Радиотехника, 2007

ЛЗ.1 3	Саломатов Ю. П., Копылов А. Ф., Волошин А. С., Сержантов А. М., Былкова Г. К.	Устройства СВЧ и антенны: учебное пособие по выполнению курсовой работы	Красноярск: ИПК СФУ, 2008
ЛЗ.1 4	Бабунько С. А., Бажилов В. А., Белов Ю. Г., Варенцов Е. Л., Гайнулина Е. Ю., Данилов А. А., Седаков А. Ю.	Антенны и функциональные узлы СВЧ- и КВЧ-диапазонов : методы расчета и технология изготовления	Москва: Радиотехника, 2011
ЛЗ.1 5	Нефедов Е.И.	Техническая электродинамика: [учеб.пособие для вузов]	Москва: Академия, 2008
ЛЗ.1 6	Саломатов Ю. П., Панько В. С., Волошин А. С., Поленга С. В.	Устройства СВЧ и антенны: учебно-методическое пособие для лабораторных работ [для студентов спец. 210302.65, 210300.62, 210304.65 "Радиотехника", 210303.65 "Бытовая радиоэлектронная аппаратура"]	Красноярск: СФУ, 2012
ЛЗ.1 7	Ерохин А.А., Литинская Е. А., Панько В. С., Саломатов Ю. П.	Системы автоматизированного проектирования СВЧ устройств: учебно-методическое пособие для практических занятий и самостоятельной работы [для студентов напр. 210100.68 «Электроника и нанoeлектроника», 211000.68 «Конструирование и производство электронных средств»]	Красноярск: СФУ, 2013
ЛЗ.1 8	Никольский В. В., Никольская Т. И.	Электродинамика и распространение радиоволн: учеб. пособие для студентов радиотехн. спец. вузов	Москва: URSS, 2011

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

Э1	электронная база публикаций IEEE	www.ieeeexplore.org
Э2	сайт Федерального государственного учреждения «Федеральный институт промышленной собственности»	www.fips.ru
Э3	сайт международной организации САПР в электронике	www.eda.org
Э4	сайт компании компании «Applied Wave Research»	http://www.awrcorp.com
Э5	Научная электронная библиотека	http://elibrary.ru/
Э6	научная библиотека Сибирского федерального университета	http://lib.sfu-kras.ru
Э7	информационно-энциклопедический портал «Рубрикон»	www.rubricon.com
Э8	сайт журнала IEEE Microwave Theory and Techniques Society	http://ieeexplore.ieee.org/xpl/tocresult

Э9	сайт журнала IEEE AP	https://sbwsweb.ieee.org/ecustomercmenu/start.swe
Э10	Саломатов, Ю. П. Устройства СВЧ и антенны [Электронный ресурс]: электронный учебно-методический комплекс / Ю.П Саломатов, А.Ф. Копылов [и др.]; Сиб. федерал. ун-т. - Версия 1.0. - Электронные данные (PDF; 30,0 Мб). - Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2008. - on-line. - (Электронная библиотека СФУ. Учебно-методические комплексы дисциплин СФУ в авторской редакции; УМКД № 1542-2008). - Загл. с титул. экрана. - Режим доступа: открытый. - Б. ц.	
Э11	электронный словарь «Большая советская энциклопедия» поисковой системы «Yandex»	www.slovari.yandex.ru/dict/bse

8 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

В часы, отведенные под самостоятельную работу, студент должен изучать теоретический курс и оформлять отчеты о выполнении лабораторных работ. На самостоятельное изучение теоретического курса отводится – 1 зачетная единица. Самостоятельная работа выполняется студентами на основе учебно-методических материалов дисциплины:

1. Устройства СВЧ и антенны [Электронный ресурс] : учеб.-метод. пособие для самостоят. работы / Сиб. федерал. ун-т ; сост.: Ю. П. Саломатов, А. Ф. Копылов, А. С. Волошин. - Электрон. текстовые дан. (PDF, 800 Кб). - Красноярск : СФУ, 2012. - 58 с. - Загл. с титул. экрана.

Курсовая работа является одной из форм самостоятельной работы студентов. При курсовом проектировании разрабатывается конструкция, типичная для антенных устройств СВЧ, которая должна иметь требуемые техническим заданием характеристики. На первом этапе разрабатываются начальный вариант схемы и конструкции. Последующий обязательный расчет характеристик по стандартной программе автоматизированного анализа имеет целью подтвердить правильность разработки или помочь в доработке. Пояснительная записка должна содержать обоснование выбора конструкции, основные моменты расчета и анализ полученных характеристик. В графической части объемом 1,5 листа формата А1 должен быть представлен чертеж конструкции, частотные характеристики, схема и расчетные соотношения, поясняющие методику расчета. Общий объем курсовой работы должен быть в пределах 20-30 страниц.

Защита курсовых работ проходит согласно заранее составленного преподавателем графика в последние 2 недели семестра. Защита проходит в форме диалога между преподавателем и студентом, в течение которого студент отвечает на вопросы преподавателя, возникшие при оценке работы.

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

9.1 Перечень необходимого программного обеспечения

9.1.1	MatLab, MathCad, Mikrocap, Altium Disinger 6.
-------	---

9.2 Перечень необходимых информационных справочных систем

9.2.1	http://bik.sfu-kras.ru/
-------	---

9.2.2	www.fips.ru – электронная библиотека патентов Российской Федерации.
9.2.3	www.slovari.yandex.ru/dict/bse – электронный словарь «Большая советская энциклопедия» поисковой системы «Yandex».
9.2.4	www.rubricon.com – информационно-энциклопедический портал «Рубрикон».
9.2.5	https://sbwsweb.ieee.org/ecustomercme_enu/start.swe – сайт журнала IEEE AP.
9.2.6	http://ieeexplore.ieee.org/xpl/tocresult – сайт журнала IEEE Microwave Theory and Techniques Society
9.2.7	Саломатов, Ю. П. Устройства СВЧ и антенны [Электронный ресурс]: электронный учебно-методический комплекс / Ю.П Саломатов, А.Ф. Копылов [и др.]; Сиб. федерал. ун-т. - Версия 1.0. - Электронные данные (PDF; 30,0 Мб). - Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2008. - on-line. - (Электронная библиотека СФУ. Учебно-методические комплексы дисциплин СФУ в авторской редакции; УМКД № 1542-2008). - Загл. с титул. экрана. - Режим доступа: открытый. - Б. ц.
9.2.8	Электронно-библиотечная система учебной и научной литературы http://ibooks.ru/ .

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

Установки для выполнения лабораторных работ – 3 шт.

Безэховая камера, установка измерения ДН в дальней зоне, сканер ближнего поля.