

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

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

наименование дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом

Направление подготовки / специальность

11.03.01 Радиотехника

Направленность (профиль)

11.03.01 Радиотехника

Форма обучения

очная

Год набора

2021

Красноярск 2023

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Программу составили _____

PhD, доцент, В.С. Панько

должность, инициалы, фамилия

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

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине
ОПК-1: Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности	
ОПК-1.1: Понимает фундаментальные законы природы; основные физические и математические методы накопления, передачи и обработки информации	
ОПК-1.2: Применяет физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера	
ОПК-1.3: Использует знания естественных наук и математики при решении практических задач	
ОПК-2: Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования	

и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных	
ОПК-2.1: Применяет основные методы и средства проведения экспериментальных исследований, системы стандартизации и сертификации	
ОПК-2.2: Выбирает способы и средства измерений и проводит экспериментальные исследования	
ОПК-2.3: Обрабатывает и представляет полученные данные и оценивает погрешности результатов измерений	

1.4 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)	Сем естр	
		1	2
Контактная работа с преподавателем:	4 (144)		
занятия лекционного типа	1,5 (54)		
практические занятия	1 (36)		
лабораторные работы	1,5 (54)		
Самостоятельная работа обучающихся:	2 (72)		
курсовое проектирование (КП)	Нет		
курсовая работа (КР)	Да		
Промежуточная аттестация (Зачёт) (Экзамен)	1 (36)		

3 Содержание дисциплины (модуля)

3.1 Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план занятий)

		Контактная работа, ак. час.							
№ п/п	Модули, темы (разделы) дисциплины	Занятия лекционного типа		Занятия семинарского типа				Самостоятельная работа, ак. час.	
				Семинары и/или Практические занятия		Лабораторные работы и/или Практикумы			
		Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС
1. Общая теория приемных устройств									

<p>1. История развития антенной техники и общая теория антенных устройств. 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. Место антенных устройств в радиотехнике. Исторический путь развития антенной техники. Вклад русских, советских и российских ученых в современные достижения антенной техники. Прямая и обратная задачи электродинамики в применении к антенной технике. Возможность решения этих задач для реальной антенной техники, способы таких решений. Структура радиосвязной линии. Роль антенн в обеспечении связи. Общий подход к решению задачи распределения токов в антенне и соответствующего им поля в пространстве. Критерий дальней и ближней зоны излучения антенны. Основные понятия и определения антенной техники. Принципы функционирования СВЧ антенн. Пример элементарного излучателя – диполя Герца. Диаграммы направленности (ДН) антенн, их виды и способы изображения. Сопротивление излучения антенн, способы его определения. Фазовые характеристики и фазовые ДН. Поляризационные характеристики и поляризационные диаграммы антенн, их иллюстрация на примере турникетной антенны. Комплексные ДН антенн. Коэффициент направленного действия (КНД) и способы его расчета. Уровни боковых лепестков в ДН антенн, оценка их величин и общая характеристика способов их уменьшения. Коэффициент полезного действия (КПД), понятие и определение, способы расчета. Коэффициент усиления (КУ) антенн, понятие и определение, способы расчета. Рабочая полоса частот (частотный диапазон) и предельная мощность антенн,</p>								
	6							
	7							

2. Решение задач по теме «Общая теория антенных устройств»			2					
3. Общая теория антенных устройств							6	
2. Теория приемных антенн								
1. 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.		3						
2. Теория приемных антенн							3	
3. Линейные излучающие системы								

<p>1. Линейная излучающая система – основа антенн с узкой ДН. Метод линейного эквивалентного излучателя для анализа линейных излучающих систем. Множитель решетки линейных излучателей. Амплитудное и фазовое распределения в решетке линейных излучателей. 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. Влияние фазовых искажений (линейных, квадратичных, кубических) в решетке линейных излучателей на параметры её амплитудной диаграммы направленности. Расширение луча основной ДН, «заплывание» нулей ДН, формирование спадающего амплитудно-фазового распределения в решетке при квадратичных фазовых искажениях. Смещение луча основной ДН, появление несимметричности в главном лепестке ДН и искажение положений боковых лепестков с одновременным их увеличением – при кубических фазовых искажениях.</p>	5							
<p>2. Решение задач по теме «Линейные излучающие системы»</p>			4					
<p>3. Лабораторная работа «Исследование антенны «волновой канал»</p>					6			
<p>4. Линейные излучающие системы</p>							5	

4. Апертурные антенны								
1. 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.								3
2. Решение задач по теме «Апертурные антенны»			2					
3. Лабораторная работа «Исследование рупорной антенны»					8			
4. Лабораторная работа «Исследование однозеркальной параболической антенны»					4			
5. Апертурные антенны							3	
5. Сканирующие антенны								

<p>1. Назначение сканирующих антенн. Необходимость в управлении главным лепестком, управлением положения нулей амплитудной ДН и их величиной. Основные методы сканирования: механический, электромеханический, электрический. 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							
2. Сканирующие антенны							2	
6. Линии передачи сверхвысоких частот								

<p>1. 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.</p> <p>Типы линий передачи: воздушная линия, коаксиальная линия, симметричный кабель, прямоугольный и круглый волноводы, полосковые линии, диэлектрический волновод, световод. Особенности линий передачи с Т-волнами (ТЕМ-волнами). Особенности волноводных линий.</p> <p>К</p>	2							
<p>2. Решение задач по теме «Линии передачи сверхвысоких частот»</p>			4					
<p>3. Линии передачи сверхвысоких частот</p>						2		
<p>7. Матричная теория многополюсников СВЧ</p>								

<p>1. Понятие многополюсника. Представление СВЧ устройств в виде эквивалентных многополюсников. Формальный 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 матрицы рассеяния. Соотношения между матрицами. Методика составления матриц. Особенности матриц многополюсников определенных типов: взаимных мно</p>	6							
<p>2. Решение задач по теме «Матричная теория многополюсников СВЧ»</p>			2					
<p>3. Матричная теория многополюсников СВЧ</p>							6	
<p>8. Элементы и узлы СВЧ устройств.</p>								

<p>1. 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. Устройство волноводного двойного T – моста; матрица его рассеяния. 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							
<p>2. Решение задач по теме «Элементы и узлы СВЧ-устройств»</p>			4					
<p>3. Элементы и узлы СВЧ устройств.</p>						6		
<p>9. Фильтры СВЧ.</p>								
<p>1. 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							

2. Фильтры СВЧ.								3	
3.									
10. Линии передачи СВЧ									
1. Определение СВЧ-диапазона. Диапазоны радиочастот и радиоволн. Определение линий 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).	2								
2. Решение задач по теме «Линии передачи»			2						
3. Фильтры на сосредоточенных элементах						8			
4. Микроразомкнутые мосты						4			
5. Линии передачи СВЧ								2	
11. Многополюсники									
1. 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.	2								
2. Решение задач по теме «Многополюсники. Матрица рассеяния»			2						
3. Микроразомкнутые линии передачи и резонаторы						4			
4. Многополюсники								2	

12. Балансные устройства								
1. Тройники. Сумматоры (делители). Направленные ответвители. Мостовые СВЧ-устройства.	2							
2. Решение задач по теме «Балансные устройства»			2					
3. Микрополосковые фильтры (работа в схемотехническом модуле)					4			
4. Балансные устройства							2	
13. Принципы согласования								
1. Общие принципы согласования. Способы узкополосного и широкополосного согласования	2							
2. Решение задач по теме «СВЧ-фильтры»			2					
3. Микрополосковые фильтры (работа в электродинамическом модуле)					4			
4. Микрополосковые направленные ответвители					4			
5. Принципы согласования							4	
14. СВЧ-фильтры								
1. 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.	2							
2. Решение задач по теме «Принципы согласования»			2					
3. Микрополосковые делители и сумматоры					4			
4. СВЧ-фильтры							8	
15. СВЧ-устройства на ферритах								

1. 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							
2. Решение задач по теме «СВЧ-устройства на ферритах»			2					
3. СВЧ-устройства на ферритах							3	
16. СВЧ-устройства с управляемыми характеристиками								
1. Классификация СВЧ-устройств с управляемыми характеристиками. Выключатели и переключатели. Атенюаторы. Фазовращатели. Поляризаторы. СВЧ-устройства с коммутационными диодами.	2							
2. Решение задач по теме «СВЧ-устройства с управляемыми характеристиками»			2					
3. СВЧ-устройства с управляемыми характеристиками							3	
17. Линейные излучающие системы								
1. Штыревые антенны. Антенны типа «волновой канал».	2							
2. Решение задач по теме «Линейные излучающие системы»			2					
3. Линейные излучающие системы							6	
18. Апертурные антенны								
1. Рупорные антенны. Зеркальные антенны. Волноводно-щелевые антенны. Микрополосковые антенны.	2							
2. Решение задач по теме «Апертурные антенны»			2					
3. Микрополосковые антенны					4			
4. Апертурные антенны							6	

5.								
Bcero	54		36		54		72	

4 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

4.1 Печатные и электронные издания:

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).
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).
3. Неганов В. А., Табаков Д. П., Яровой Г. П., Неганов В. А. Современная теория и практические применения антенн: монография(Москва: Радиотехника).
4. Григорьев Л. Н. Цифровое формирование диаграммы направленности в фазированных антенных решетках(Москва: Радиотехника).
5. Пономарев Л. И., Степаненко В. И., Пономарев Л. И. Сканирующие многочастотные совмещенные антенные решетки: монография(Москва: Радиотехника).
6. Нефедов Е.И. Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства: учеб. пособие для студентов вузов(Москва: Академия).
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).
8. Гостюхин В. Л., Трусов В. Н., Гостюхин А. В., Гостюхин В. Л. Активные фазированные антенные решетки(Москва: Радиотехника).
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).
10. Нефедов Е. И. Устройства СВЧ и антенны: учебное пособие для студентов вузов по специальностям направления подготовки "Радиотехника"(Москва: Academia (Академия)).
11. Разевиг В. Д., Потапов Ю. В., Курушин А. А., Разевиг В. Д. Проектирование СВЧ устройств с помощью Microwave Office: монография(Москва: СОЛОН-Пресс).
12. 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).
13. Фролов О.П. Антенны и фидерные тракты для радиорелейных линий связи: научное издание(Москва: Радио и связь).
14. Гошин Г. Г. Антенны и фидеры: сборник задач с формулами и решениями(Томск).
15. 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).
16. Фельд Я. Н., Бененсон Л. С. Основы теории антенн: учеб. пособие для студентов вузов(Москва: Дрофа).
 17. Нефедов Е. И. Устройства СВЧ и антенны: учебное пособие для студентов вузов по специальностям направления подготовки "Радиотехника"(Москва).
 18. Саломатов Ю. П., Копылов А. Ф., Волошин А. С. Устройства СВЧ и антенны: учебно-методическое пособие для самостоятельной работы (Красноярск: СФУ).
 19. Саломатов Ю. П., Копылов А. Ф., Волошин А. С. Устройства СВЧ и антенны: учебно-методическое пособие для самостоятельной работы (Красноярск: СФУ).
 20. Голдсмит А., Бирюков Н. Л., Триски Н. Р., Березовский В. А. Беспроводные коммуникации(Москва: Техносфера).
 21. Хансен Р. С., Синани А. И. Фазированные антенные решетки(Москва: Техносфера).
 22. Воскресенский Д. И., Овчинникова Е. В., Шмачилин П. А., Воскресенский Д. И. Бортовые цифровые антенные решетки и их элементы: монография(Москва: Радиотехника).
 23. Баланис К. А., Иоанидес П. И., Юдинцев К. В., Попов В. В., Парнес М. Д. Введение в смарт-антенны(Москва: Техносфера).
 24. 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).
 25. Сазонов Д. М. Многоэлементные антенные системы. Матричный подход (Москва: Радиотехника).
 26. Саломатов Ю. П., Панько В. С., Сугак М. И., Саламатов Ю. П. Кольцевые излучатели и антенные решетки(Санкт-Петербург: СПбГЭТУ ЛЭТИ).
 27. Банков С. Е. Антенные решетки с последовательным питанием: [монография](Москва: ФИЗМАТЛИТ).
 28. Горбачев А. П., Тарасенко Н. В. Проектирование директорных антенн методом наводимых электродвижущих сил: учеб. пособие(Новосибирск: Изд-во НГТУ).
 29. 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).
 30. 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).
 31. 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).

32. Пименов Ю. В., Вольман В. И., Муравцов А. Д., Пименов Ю. В. Техническая электродинамика: учебное пособие для вузов(Москва: Радио и связь).
33. Сазонов Д.М. Антенны и устройства СВЧ: Учеб. для вузов по спец. "Радиотехника"(Москва: Высшая школа).
34. Сазонов Д.М., Гридин А.Н., Мишустин Б.А., Сазонов Д.М. Устройства СВЧ: Учеб. пособие для вузов по спец. "Радиотехника"(Москва: Высшая школа).
35. 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).
36. 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).
37. Ефанов В.И., Тихомиров А.А. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств и систем: Учеб. пособие(Томск: Томский государственный ун-т систем управления и радиоэлектроники).
38. Саломатов Ю. П., Сержантов А. М. Устройства СВЧ и антенны: методические указания по выполнению курсовой работы(Красноярск: ИПЦ КГТУ).
39. Петров Б. М., Костромитин Г. И., Горемыкин Е. В. Логопериодические вибраторные антенны: учеб. пособие для вузов(Москва: Горячая линия-Телеком).
40. Петров Б. М. Электродинамика и распространение радиоволн: учебник для студентов вузов(Москва: Горячая линия-Телеком).
41. Морозов А. В., Нырцов А. Н., Шмаков Н. П. Электродинамика и распространение радиоволн: учебник для вузов(Москва: Радиотехника).
42. 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).
43. Бабунько С. А., Бажиллов 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).
44. Нефедов Е.И. Техническая электродинамика: [учеб.пособие для вузов] (Москва: Академия).
45. 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).
46. 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).

47. Никольский В. В., Никольская Т. И. Электродинамика и распространение радиоволн: учеб. пособие для студентов радиотехн. спец. вузов(Москва: URSS).

4.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства (программное обеспечение, на которое университет имеет лицензию, а также свободно распространяемое программное обеспечение):

1. MatLab, MathCad, Mikrocap, Altium Disinger 6.

4.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

1. <http://bik.sfu-kras.ru/>
2. www.fips.ru – электронная библиотека патентов Российской Федерации.
3. www.slovari.yandex.ru/dict/bse – электронный словарь «Большая советская энциклопедия» поисковой системы «Yandex».
4. www.rubricon.com – информационно-энциклопедический портал «Рубрикон».
5. https://sbwsweb.ieee.org/ecustomercme_enu/start.swe – сайт журнала IEEE AP.
6. <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/tocresult> – сайт журнала IEEE Microwave Theory and Techniques Society
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.
8. Электронно-библиотечная система учебной и научной литературы <http://ibooks.ru/>.

5 Фонд оценочных средств

Оценочные средства находятся в приложении к рабочим программам дисциплин.

6 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.