



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«Дальневосточный федеральный университет»

(ДВФУ)

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ШКОЛА)

СОГЛАСОВАНО

Руководитель образовательной
программы


(подпись)

Л.Г. Стаценко
(И.О. Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ

Директор выпускающего
структурного подразделения


(подпись)

Л.Г. Стаценко
(И.О. Фамилия)

«29» декабря 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Антенно-фидерные устройства систем радиосвязи

*Направление подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и
системы связи*

(Системы радиосвязи и радиодоступа)

Форма подготовки: очная

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями
Федерального государственного образовательного стандарта по
направлению подготовки 11.03.02 **Инфокоммуникационные технологии и
системы связи**, утвержденного приказом Минобрнауки России от
19.09.2017 г. №930.

Рабочая программа обсуждена на заседании *департамента Электроники,
телекоммуникации и приборостроения*, протокол от «29» декабря 2022 г.
№5.

Директор Департамента реализующего структурного подразделения
Д.ф.-м.н., профессор Л.Г. Стаценко

Составители:

Ст. преподаватель М.М. Смирнова

Владивосток
2022

1. *Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента Электроники, телекоммуникации и приборостроения и утверждена на заседании Электроники, телекоммуникации и приборостроения, протокол от «___» ___202__г. №*
2. *Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента Электроники, телекоммуникации и приборостроения и утверждена на заседании Электроники, телекоммуникации и приборостроения, протокол от «___» ___202__г. №*
3. *Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента Электроники, телекоммуникации и приборостроения и утверждена на заседании Электроники, телекоммуникации и приборостроения, протокол от «___» ___202__г. №*
4. *Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента Электроники, телекоммуникации и приборостроения и утверждена на заседании Электроники, телекоммуникации и приборостроения, протокол от «___» ___202__г. №*
5. *Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента Электроники, телекоммуникации и приборостроения и утверждена на заседании Электроники, телекоммуникации и приборостроения, протокол от «___» ___202__г. №*

Аннотация дисциплины

Антенно-фидерные устройства систем радиосвязи

Общая трудоемкость дисциплины составляет 10 зачётных единиц/360 академических часов. Является дисциплиной части ОП, формируемой участниками образовательных отношений, изучается на 4 курсе и завершается *экзаменом*. Учебным планом предусмотрено проведение лекционных занятий в объеме *72 часов*, практических – *72 часов*, лабораторных – *18 часов*, а также выделены часы на самостоятельную работу студента – *198 часов (в том числе с включением подготовки к экзамену в объеме 54 часов)*.

Язык реализации: русский.

Цель: формирование знаний, умений и навыков, дающие возможность проектировать и эксплуатировать антенно-фидерные устройства.

Задачи:

- рассмотрение основ теории антенно-фидерных устройств, требований к антеннам разного назначения и способов их обеспечения;
- развитие умений рассчитывать и конструировать различные типы передающих и приемных антенн;
- обучение навыкам измерений параметров фидерных трактов и антенн.

Для успешного изучения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции: *Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности; Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных; Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности, полученные в результате изучения дисциплин Основы построения инфокоммуционных систем и сетей, Теоретические основы связи, Цифровые технологии в профессиональной деятельности, Электромагнитные поля и волны, Распространение радиоволн, обучающийся должен быть готов к изучению таких дисциплин, как*

Радиоприёмные устройства систем цифрового вещания, Космические и наземные системы передачи цифровых данных, Радиопередающие устройства систем цифрового вещания, формирующие компетенции Проектирует и разрабатывает отдельные элементы устройств и систем радиосвязи, Способен осуществлять мониторинг состояния и проверку качества работы, проведение измерений и диагностику ошибок и отказов телекоммуникационного оборудования, сетевых устройств, программного обеспечения инфокоммуникаций, Способен к организации профилактических и ремонтных работ на радиоэлектронном оборудовании, инвентаризации радиоэлектронных средств и вспомогательного оборудования, обеспечению организационно-методической базы для обслуживания радиоэлектронных средств и оборудования.

Компетенции студентов, индикаторы их достижения и результаты обучения по дисциплине

Наименование категории (группы) компетенций	Код и наименование компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
научно-исследовательский	ПК-3 Способен применять современные теоретические и экспериментальные методы исследования с целью создания новых перспективных средств	ПК -3.2 Применяет методы оценки качества работы инфокоммуникационного оборудования	Знает принципы действия передающих и приемных трактов инфокоммуникационного оборудования. Умеет правильно выбирать методы оценки качества работы СВЧ тракта. Владеет навыками применения выбранных методов оценки качества передающих и приемных трактов инфокоммуникационного оборудования
технологический	ПК -4 Способность осуществлять мониторинг состояния и проверку качества работы, проведение измерений и диагностику ошибок и отказов телекоммуникационного оборудования, сетевых устройств, программного обеспечения инфокоммуникаций	ПК -4.3 Оценивает соответствие техническим нормам и параметрам оборудования и каналов передачи установленным эксплуатационно-техническим нормам	Знает физический принцип действия СВЧ устройств. Умеет рассчитать основные характеристики СВЧ устройств. Владеет навыком по измерению параметров линий передач и узлов СВЧ.
технологический	ПК-7 Способность осуществлять монтаж.	ПК-7.1 Проведения проверки	Знает требования к техническому состоянию

	настройку, регулировку тестирование оборудования, отработку режимов работы, контроль проектных параметров работы и испытания оборудования связи обеспечение соответствия технических параметров инфокоммуникационных систем и /или их составляющих , установленным эксплуатационно-техническим нормам	технического состояния оборудования, тракторов и каналов передачи	оборудования, тракторов и каналов передачи Умеет измерять параметры СВЧ устройств и антенн Владеет навыком проводить регулировку и опытную проверку работоспособности СВЧ устройств.
		ПК-7.2 Ведет техническую, оперативно-техническую и технологическую документацию по установленным формам; осуществляет проверку качества работы оборудования и средств связи	Знает основные требования к техническим характеристикам СВЧ устройств в соответствии с международными и национальными стандартами. Умеет проверять работоспособность фидерных тракторов и антенных устройств. Владеет навыком по измерению характеристик антенно-фидерных устройств.
		ПК-7.3 Выбирает и использует соответствующее тестовое и измерительное оборудование, использует программное обеспечение оборудования при его настройке	Знает назначение необходимого тестовое и измерительное оборудование Умеет проводить анализ работы СВЧ устройств; Владеет навыком по измерению характеристик СВЧ устройств соответствующим измерительным оборудованием.
организационно-управленческий	ПК-8 Способен к организации профилактических и ремонтных работ на радиоэлектронном оборудовании, инвентаризации радиоэлектронных средств и вспомогательного оборудования, обеспечению организационно-методической базы для обслуживания радиоэлектронных средств и оборудования	ПК-8.1 Применяет регламенты по обновлению и техническому сопровождению обслуживаемого радиоэлектронного оборудования	Знает режимы работы и условия эксплуатации радиоэлектронного оборудования; Умеет правильно применять регламенты по обновлению и техническому сопровождению обслуживаемого радиоэлектронного оборудования; Владеет навыками планирования порядка и последовательности проведения работ по обслуживанию радиоэлектронного оборудования;

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Антенно-фидерные устройства систем радиосвязи» применяются следующие образовательные технологии и методы активного/интерактивного обучения: дискуссия, работа в малых группах.

I. Цели и задачи освоения дисциплины:

Цель: формирование знаний, умений и навыков, дающие возможность проектировать и эксплуатировать антенно-фидерные устройства.

Задачи:

- рассмотрение основ теории антенно-фидерных устройств, требований к антеннам разного назначения и способов их обеспечения;
- развитие умений рассчитывать и конструировать различные типы передающих и приемных антенн;
- обучение навыкам измерений параметров фидерных трактов и антенн.

Место дисциплины в структуре ОПОП ВО (в учебном плане):

Является дисциплиной части ОП, формируемой участниками образовательных отношений.

Профессиональные компетенции студентов, индикаторы их достижения и результаты обучения по дисциплине

Наименование категории (группы) компетенций	Код и наименование компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
научно-исследовательский	ПК-3 Способен применять современные теоретические и экспериментальные методы исследования с целью создания новых перспективных средств	ПК -3.2 Применяет методы оценки качества работы инфокоммуникационного оборудования	Знает принципы действия передающих и приемных трактов инфокоммуникационного оборудования. Умеет правильно выбирать методы оценки качества работы СВЧ тракта. Владеет навыками применения выбранных методов оценки качества передающих и приемных трактов инфокоммуникационного оборудования
технологический	ПК -4 Способность осуществлять мониторинг состояния и проверку качества работы, проведение измерений и диагностику ошибок и отказов телекоммуникационного оборудования, сетевых устройств, программного	ПК -4.3 Оценивает соответствие техническим нормам и параметрам оборудования и каналов передачи установленным эксплуатационно-техническим нормам	Знает физический принцип действия СВЧ устройств. Умеет рассчитать основные характеристики СВЧ устройств. Владеет навыком по измерению параметров линий передач и узлов СВЧ.

	обеспечения инфокоммуникаций		
технологический	ПК-7 Способность осуществлять монтаж, настройку, регулировку, тестирование оборудования, отработку режимов работы, контроль проектных параметров работы и испытания оборудования связи обеспечение соответствия технических параметров инфокоммуникационных систем и /или их составляющих, установленным эксплуатационно-техническим нормам	ПК-7.1 Проведения проверки технического состояния оборудования, трактов и каналов передачи	Знает требования к техническому состоянию оборудования, трактов и каналов передачи Умеет измерять параметры СВЧ устройств и антенн Владеет навыком проводить регулировку и опытную проверку работоспособности СВЧ устройств.
		ПК-7.2 Ведет техническую, оперативно-техническую и технологическую документацию по установленным формам; осуществляет проверку качества работы оборудования и средств связи	Знает основные требования к техническим характеристикам СВЧ устройств в соответствии с международными и национальными стандартами. Умеет проверять работоспособность фидерных трактов и антенных устройств. Владеет навыком по измерению характеристик антенно-фидерных устройств.
		ПК-7.3 Выбирает и использует соответствующее тестовое и измерительное оборудование, использует программное обеспечение оборудования при его настройке	Знает назначение необходимого тестовое и измерительное оборудование Умеет проводить анализ работы СВЧ устройств; Владеет навыком по измерению характеристик СВЧ устройств соответствующим измерительным оборудованием.
организационно-управленческий	ПК-8 Способен к организации профилактических и ремонтных работ на радиоэлектронном оборудовании, инвентаризации радиоэлектронных средств и вспомогательного оборудования, обеспечению организационно-методической базы для обслуживания радиоэлектронных средств и оборудования	ПК-8.1 Применяет регламенты по обновлению и техническому сопровождению обслуживаемого радиоэлектронного оборудования	Знает режимы работы и условия эксплуатации радиоэлектронного оборудования; Умеет правильно применять регламенты по обновлению и техническому сопровождению обслуживаемого радиоэлектронного оборудования; Владеет навыками планирования порядка и последовательности проведения работ по обслуживанию радиоэлектронного оборудования;

II. Трудоемкость дисциплины и виды учебных занятий по дисциплине
 Общая трудоемкость дисциплины составляет 10 зачётных единицы (360 академических часов).

III. Структура дисциплины

Форма обучения – очная.

№	Наименование раздела дисциплины	С е м е с т р	Количество часов по видам учебных занятий и работы обучающегося						Формы промежуточной аттестации
			Лек	Лаб	Пр	ОК	СР	Конт роль	
1	Раздел I. Направляемые волны	6	20	10	8	-	63	27	УО-4; ПР-6; ПР-7; ПР-12
2	Раздел 2. Фидерные тракты	6	16	8	28				
3	Раздел 3. Основы теории антенных устройств	7	14	-	18		81	27	
4	Раздел 4. Типы антенных устройств	7	22	-	18				
Итого:			36	18	36	-	36	36	Экзамен

IV. СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Раздел 1. Направляемые волны

Подраздел 1. Общая теория направляемых волн

Тема 1.1. Основные принципы электродинамики)

Характеристики электромагнитного поля. Уравнения Максвелла и граничные условия. Электромагнитные волны в безграничном однородном пространстве. Постоянная распространения волны, фазовая постоянная и постоянная затухания волны. Глубина проникновения электромагнитной волны в проводник. Электромагнитные волны на границе раздела двух сред.

Тема 1.2. Типы направляемых волн

Классификация направляемых волн: поперечные электромагнитные (Т), электрические (Е), магнитные (Н), гибридные волны. Типы волн в волноводах. Фазовая скорость направляемых волн. Критическая длина волны. Связь между

продольными и поперечными составляющими поля направляемых волн.

Подраздел 2 Линии передачи

Тема 2.1. Прямоугольные металлические волноводы

Типы волн в прямоугольном волноводе. Критическая длина волны. Фазовая и групповая скорости, длина волны в прямоугольном волноводе. Низшая (основная) волна прямоугольного волновода. Токи в стенках волновода. Излучающие и неизлучающие щели. Анализ основных характеристик прямоугольного волновода на волне Н₁₀. Характеристическое сопротивление волноводов. Волноводы специальной формы, гофрированные волноводы.

Тема 2.2. Круглый металлический волновод

Типы волн в круглых волноводах. Низшая (основная) волна круглого волновода. Волна Н₀₁ в круглом волноводе, использование круглого волновода на Н₀₁ для дальней связи, способы подавления нежелательных типов при многомодовом режиме. Применение волн с осевой симметрией ЭМП. Запредельный волновод. Потери в волноводах. Электрическая прочность волноводов.

Тема 2.3. Линии передач с волнами ТЕМ

Общие характеристики волн ТЕМ в линиях передач. Двухпроводные, четырехпроводные и многопроводные линии передач. Четырехпроводной перекрещенный фидер. Основные конструктивные данные. Затухание. Допустимая мощность. Коаксиальные линии передач. Типы волн в коаксиальной линии. Условия существования одномодового режима на Т-волне. Основные характеристики коаксиальной линии: Λ ; Z_c ; $R_{пр}$, $U_{пр}$, α . Области применения коаксиальных линий.

Тема 2.4. Полосковые линии передач

Типы полосковых линий. Симметричная полосковая линия (СПЛ), микрополосковая линия (МПЛ). Условия одномодового возбуждения. Основные параметры. Связанные МПЛ. Щелевые и копланарные линии.

Тема 2.5. Диэлектрические волноводы

Условия возникновения поверхностной волны. Структура поля, выбор поперечных размеров. Понятие о потерях и электрической прочности. Многослойные диэлектрические линии, световоды. Возможности использования оптических кабелей для дальней связи. Однопроводный фидер.

Подраздел 3. Согласование линий передач

Тема 3.1. Режимы в передающих линиях

Условия возникновения бегущих и стоячих волн. Свойства стоячих

волн. Коэффициент отражения, коэффициент стоячей волны (КСВ) и коэффициент бегущей волны (КБВ). Свойства отрезков линий передач. Круговая диаграмма полных сопротивлений (проводимостей).

Тема 3.2. Согласующие устройства

Необходимость согласования. Четвертьволновой и экспоненциальный трансформаторы. Биномиальные и чебышевские переходы. Шлейфовый трансформатор. Реактивные элементы в волноводных линиях: штыри и диафрагмы. Короткозамыкающие металлические поршни.

Раздел 2. Фидерные тракты

Подраздел 1. Передача энергии в фидерных трактах

Тема 1.1. Способы возбуждения волноводов

Электрическая и магнитная связь. Согласование возбуждающих устройств с волноводом. Связь через одно или нескольких отверстий в стенках волноводах.

Тема 1.2. Сочленение линий передач

Фланцы, разъемы. Волноводно-коаксиальные и волноводно-полосковые переходы. Вращающиеся сочленения. Е и Н волноводные разветвления.

Подраздел 2. Элементы фидерных трактов

Тема 2.1. Согласованные нагрузки (эквиваленты антенны)

Основные характеристики. Волноводные нагрузки низкого и высокого уровня мощности. КСВ, рабочий диапазон частот, конструкция.

Тема 2.2. Атенюаторы

Поглощающие и предельные, переменные и фиксированные аттенюаторы. Параметры, конструкции, назначения. Достоинства и недостатки.

Тема 2.3. Волноводные разветвления

Направленные ответвители (НО) с сильной и слабой связью. Волноводные, коаксиальные и полосковые НО. Волноводные тройники. Двойной волноводный тройник. Использование двойного тройника в качестве моста. Волноводные кольцевой и щелевой мосты. Мостовые устройства ИС СВЧ. Делители мощности.

Тема 2.4. Коммутационные устройства

Механические переключатели, антенные балансные переключатели. Полупроводниковые коммутаторы.

Тема 2.5. Фазовращатели

Методы управления фазой волны. Волноводные взаимные фазовращатели. Основные характеристики, конструкция. Фазовращатели ИС СВЧ.

Тема 2.6. Ферриты в технике СВЧ

Волноводные ферритовые вентили, фазовращатели, переключатели, циркуляторы. Методы управления поляризацией волны. Применение поляризованных устройств для уплотнения линий связи, в радиолокации и в других областях. Ферриты ИС СВЧ.

Тема 2.7. Резонаторы СВЧ и оптического диапазона

Общая теория резонаторов. Собственная, нагруженная и внешняя добротности. Волноводные резонаторы. Резонаторы коаксиального типа. Тороидальные резонаторы: резонансная длина волны, перестройка. Микрополосковые резонаторы. Открытые резонаторы.

Тема 2.8. Фильтры

Условия физической реализации. Низкочастотный прототип. Методы аппроксимации амплитудных и фазовых характеристик. Фильтры с четвертьволновой и непосредственной связью. Фильтры на связанных линиях. Влияние потерь на характеристики фильтров. Применение фильтров для широкополосного согласования. Фильтры ИС СВЧ.

Тема 2.9. Фидерные тракты радиорелейных и космических линий связи

Составные элементы трактов. Требования, предъявляемые к ним. Применение круглых и эллиптических, гибких гофрированных волноводов.

Раздел 3. Основы теории антенных устройств

Подраздел 1. Общие положения теории антенных устройств

Тема 1.1. Основные задачи теории антенн

Назначение передающей и приемной антенны в радиоканале. Классификация антенн. Применение принципа суперпозиции при расчете антенн. Направленные свойства элементарного вибратора.

Тема 1.2. Основные электрические параметры передающих антенн

Характеристика направленности, диаграмма направленности (ДН) антенны: амплитудная, фазовая. Ширина диаграммы направленности и относительный уровень боковых лепестков. Коэффициент направленного действия антенны (КНД). КНД элементарного электрического вибратора. Коэффициент полезного действия (КПД) и коэффициент усиления (КУ) антенны. Определение напряженности поля по заданному КУ антенны и подводимой к ней мощности. Поляризационный эллипс и его параметры.

Эллиптическая, круговая и линейная поляризация поля излучения антенны. Входное сопротивление антенны. Рабочая полоса частот. Узкополосные, широкополосные и частотно-независимые антенны. Предельная мощность.

Тема 1.3. Теория приемных антенн

Физические основы процесса приёма. Принцип взаимности для анализа приёмных антенн. Условия выделения максимальной мощности в нагрузке приёмной антенны. Основные электрические параметры приёмных антенн. Эффективная площадь. Эквивалентная схема, шумовая температура.

Тема 1.4. Симметричный вибратор

Симметричный электрический вибратор: направленные свойства, мощность и сопротивление излучения, входное сопротивление. Резонансная длина вибратора, ее зависимость от размеров поперечного сечения. КНД и действующая длина антенны. Симметричные щелевые вибраторы. Принцип двойственности. ДН, КНД, входная проводимость (внутренняя) и проводимость излучения (внешняя) щелевого вибратора.

Подраздел 2. Теория антенных решёток

Тема 2.1. Антенные решетки (АР)

Линейные антенные решётки. Множитель системы. Режимы работы антенных решёток. Система из двух связанных вибраторов. Направленные свойства. Пассивные вибраторы. Рефлектор. Директор. Управление ДН путем изменения фазового распределения. Влияние неравномерности амплитудного распределения и фазовых искажений на ДН линейной АР. Входное сопротивление излучающего элемента АР. Наведенные и взаимные сопротивления. Излучаемая мощность и КНД линейных АР. Понятие о линейном непрерывном излучателе. Плоские АР. Неэквидистантные решетки.

Тема 2.2. Синтез антенны по заданной форме ДН

Понятие о синтезе антенны. Приближенные методы решения задач синтеза. Сверхнаправленные антенны. Получение оптимальных диаграмм направленности.

Тема 2.3. Излучение возбуждённых поверхностей

Идеальная излучающая плоская поверхность (апертура) прямоугольного и круглого раскрытия. Влияние закона амплитудного и фазового распределения поля на излучающие свойства апертуры. Коэффициент использования поверхности (КИП).

Раздел 4. Типы антенных устройств

Подраздел 1. Вибраторные и щелевые антенны УКВ

Тема 1.1. Простые вибраторные и щелевые антенны УКВ

Особенности антенн УКВ диапазона. Возбуждение симметричных вибраторов. Симметрирующие устройства. Разновидности простых вибраторных антенн. Шлейф-вибратор Пистолькорса. Способы увеличения рабочего диапазона вибраторных антенн. Вибратор Надененко. Шунтовой вибратор Айзенберга. Излучение вибратора, расположенных вблизи идеально проводящей поверхности (метод зеркальных отображений). Несимметричный вибратор. Аперриодический рефлектор. Щелевые резонансные антенны.

Тема 1.2. Многовибраторные и многощелевые антенны

Синфазные вибраторные антенные решетки. Схемы питания. Многощелевые волноводные антенны. Резонансное и нерезонансное возбуждение щелей. Директорные антенны. Логопериодические вибраторные антенны.

Тема 1.3. Антенны вращающейся поляризации

Турникетный излучатель. Спиральная антенна. Условие излучения волны с круговой поляризацией. Виды спиральных антенн.

Тема 1.4. Вопросы миниатюризации антенн

Сверхминиатюрные интегрируемые антенны (СИА) – приемные электрические вибраторы малых размеров с включенными в них активными п/п приборами (усилителями, смесителями и т.д.).

Антенны в печатном исполнении. Широкополосные микрополосковые антенны (МПА). Антенные решетки в полосковом исполнении. Микрополосковые излучатели с круговой поляризацией. Линейные МПА. Фрактальные антенны.

Подраздел 2. Апертурные антенны

Тема 2.1. Рупорные антенны

Антенна в виде открытого конца волновода. Рупорные антенны. Виды рупорных антенн. Распределение амплитуды и фазы поля в раскрыве. Оптимальный рупор. Согласование рупора с волноводом.

Тема 2.2. Зеркальные антенны

Зеркальные антенны. Метод определения ДН по распределению поля в излучающей апертуре и по распределению плотности тока на зеркале. Требования к ДН облучателя. Затенение раскрыва зеркала облучателем, реакция зеркала на облучатель. Параболические антенны с вынесенным облучателем. Рупорно-параболическая антенна. Допуски на изготовление зеркальных антенн. Методы расчета. Двухзеркальные антенны. Облучатели зеркальных антенн: вибраторные, волноводные, рупорные, щелевые волноводные, спиральные. Антенна – параболический цилиндр. Уголкового антенна. Линзовые антенны.

Тема 2.3. Антенны поверхностных волн

Диэлектрические стержневые антенны. Плоские антенны поверхностных волн.

Подраздел 3. Сканирующие антенные решетки

Тема 3.1. Особенности работы фазированных антенных решеток (ФАР)

Назначение и методы сканирования. Искажение ДН при сканировании. Требования к шагу ФАР. Взаимное влияние элементов решетки. Требования, предъявляемые к излучателю ФАР.

Тема 3.2. Возбуждение ФАР

Схемы возбуждения ФАР фидерного и оптического типа. Аналоговый и дискретно-коммутационный способы фазирования. Антенные решетки из активных излучателей. Понятие об АР с обработкой сигнала, применение ЭВМ в АР.

Подраздел 4. Антенные устройства для связи, телевидения и радиовещания

Тема 4.1. Антенны для телевидения, радиорелейных линий (РРЛ) и космической радиосвязи

Антенны передающих телевизионных центров. Приемные телевизионные антенны. Антенны для коллективного приема.

Особенности зеркальных антенн, применяемых на магистральных РРЛ прямой видимости. Перископические антенные системы. Пассивные ретрансляторы для РРЛ.

Основные требования к антенным устройствам систем спутниковой связи (ССС). Антенны земных СССР и бортовые антенны СССР.

Тема 4.2. Антенны декаметрового (коротковолнового) диапазона

Особенности коротковолновых антенн. Выбор антенны в зависимости от длины линии связи. Узкополосные и диапазонные антенны. Синфазная горизонтальная диапазонная антенна. Типы рефлекторов: настроенные, активные, диапазонные, аperiodические. Направленные свойства, КНД. Электрическая прочность. Согласование с питающей линией. Ромбическая антенна. Двойная ромбическая антенна. Антенна бегущей волны. Принцип действия, выбор элемента связи между вибраторами и собирательной линией. Антенны с резисторной связью. Вертикальная несимметричная антенна бегущей волны.

Логопериодическая антенна. Пространственные и плоские логопериодические антенны. Излучающие свойства. Согласование с питающей линией. Синфазные решетки из логопериодических антенн.

Тема 4.3. Антенны метраметровых (сверхдлинных), километровых (длинных) и гектометровых (средних) волн

Особенности антенн. Проволочные Т-, Г-образные и зонтичные антенны. Методы расчета основных параметров антенн: распределения тока, сопротивления излучения, допустимой мощности в антенне, волнового сопротивления, полосы пропускания. Методы расширения полосы рабочих частот, увеличения КПД. Системы заземлений, противовесы.

Вещательные антенны гектометровых волн. Заземление, антенны-мачты, антенна шунтового питания, антенна верхнего питания. Антифединговые антенны-мачты. Антенна Айзенберга с регулируемым распределением тока (АРРТ). Антенна АРРТ с двумя точками питания. Пневматические антенны-мачты.

Приемные антенны километровых и гектометровых волн: несимметричные вертикальные, рамочные, магнитные, гониометрические, однопроводные бегущей волны.

Подраздел 5. Вопросы электромагнитной совместимости (ЭМС) и обеспечения экологической безопасности при проектировании антенн

Влияние бокового излучения антенны на качество работы системы. Усреднение ДН. Требование к величине взаимной развязки (переходного ослабления) близко расположенных антенн. Развязка антенн по поляризации электромагнитного поля. Методы снижения бокового излучения.

V. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Практические занятия

Занятие 1. Прямоугольные металлические волноводы

1. Определение картины электромагнитного поля в прямоугольных волноводах для различных типов волн.
2. Нахождение параметров прямоугольных металлических волноводов.
3. Определение направления и величину токов на стенках прямоугольных волноводов.

Занятие 2. Расчёт энергетических характеристик прямоугольных волноводов

1. Выбор стандартного прямоугольного металлического волновода.

2. Анализ основных характеристик прямоугольного волновода на волне H_{10} .

Занятие 3. Круглые металлические волноводы

1. Определение картины электромагнитного поля в круглых металлических волноводах для различных типов волн.
2. Нахождение параметров круглых металлических волноводов.
3. Определение направления и величину токов на стенках круглых волноводов.

Занятие 4. Коаксиальные волноводы

1. Определение картины электромагнитного поля в коаксиальных волноводах для различных типов волн.
2. Нахождение параметров коаксиальных волноводов.
3. Определение направления и величину токов на стенках коаксиальных волноводов.

Занятие 5. Полосковые линии передачи

1. Анализ полосковых волнодов.
2. Синтез полосковых волнодов.

Занятие 6. Режимы волн в линиях передачи

1. Определение режима волн в линиях передач.
2. Расчёт характеристик линий передач в различных режимах волн.

Занятие 7. Согласующие устройства

1. Расчёт четвертьволновых трансформаторов.
2. Расчёт шлейфовых трансформаторов.

Занятие 8. Расчёт кольцевого моста

1. Выбор материала проводников и подложки полоскового кольцевого моста.
2. Синтез плеч полоскового моста.
3. Расчёт параметров и геометрических размеров полоскового кольцевого моста.

Занятие 9. Расчёт квадратурного моста

1. Выбор материала проводников и подложки полоскового квадратурного моста.
2. Синтез плеч квадратурного моста.
3. Расчёт параметров и геометрических размеров полоскового квадратурного моста.

Занятие 10. Расчёт многоканального делителя мощности

1. Выбор материала проводников и подложки полоскового многоканального делителя мощности.
2. Синтез плеч полоскового многоканального делителя мощности.
3. Расчёт параметров и геометрических размеров полоскового многоканального делителя мощности.

Занятие 11. Резонаторы

1. Определение картины электромагнитного поля в волноводных резонаторах для различных типов волн.
2. Нахождение параметров резонаторов.
3. Определение направления и величину токов на стенках волноводных металлических резонаторов.

Занятие 12. Фильтры

1. Выбор эквивалентной схемы фильтров СВЧ.
2. Расчёт параметров фильтров СВЧ.

Занятие 13. Симметричный вибратор

1. Определение величины электромагнитного поля, создаваемого вибратором.
2. Расчёт размеров вибраторов и их параметров.

Занятие 14. Антенные решётки

1. Определение величины электромагнитного поля, создаваемого антенной решёткой.
2. Расчёт размеров антенной решётки и её параметров.

Занятие 15. Синтез антенн по заданной форме диаграммы направленности

1. Синтез Дольф-чебышевской антенной решётки.
2. Расчёт параметров Дольф-чебышевской антенной решётки.

Занятие 16. Вибраторные и щелевые антенны УКВ

1. Определение параметров вибраторных антенн УКВ.
2. Расчёт спиральных антенн.
3. Определение параметров щелевых антенн.

Занятие 17. Расчёт волноводной многощелевой антенны

1. Определение параметров и геометрических размеров многощелевой антенны.
2. Расчёт диаграммы направленности многощелевой антенны.

Занятие 18. Излучение возбуждённых поверхностей

1. Расчёт размеров возбуждённой поверхности по заданной величине коэффициента направленного действия.
2. Определение направленных свойств возбуждённых поверхностей.

Занятие 19. Расчёт оптимального рупора

1. Расчёт размеров оптимального рупора по заданной величине коэффициента направленного действия.
2. Определение направленных свойств рупорной антенны.

Занятие 20. Апертурные антенны УКВ. Антенны поверхностных волн

1. Определение параметров и направленных свойств зеркальных антенн.
2. Определение параметров и направленных свойств антенн поверхностных волн.

Занятие 21. Антенны дециметровых (коротких), метрических (сверхдлинных), километровых (длинных) и гектометровых (средних) волн

Определение параметров и направленных свойств антенн дециметровых волн.

1. Определение параметров и направленных свойств антенн метрических (сверхдлинных), километровых (длинных) и гектометровых (средних) волн.

Лабораторные работы

Лабораторная работа 1. Исследование распространения волн в прямоугольном волноводе

1. Экспериментальная проверка основных положений теории волновода.
2. Сравнение данных эксперимента с расчетными.

Лабораторная работа 2. Исследование элементов и узлов коаксиального тракта

1. Ознакомление с работой и конструкцией отдельных элементов и узлов коаксиального тракта.
2. Определение относительной величины потерь в коаксиальной линии передач.
3. Освоение методики измерения длины волны, коэффициента бегущей волны и полного сопротивления нагрузки с помощью измерительной линии и круговой диаграммы полных сопротивлений.

Лабораторная работа 3. Исследование микрополосковой

Ознакомление с основными характеристиками и параметрами антенн СВЧ, освоение методов измерения диаграмм направленности и коэффициента направленного действия микрополосковой антенны, сравнение и анализ данных расчёта и эксперимента.

Лабораторная работа 4. Исследование рупорной антенны

Ознакомление с основными характеристиками и параметрами антенн СВЧ, освоение методов измерения диаграмм направленности и коэффициента направленного действия рупорной антенны, сравнение и анализ данных расчёта и эксперимента.

VI. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые модули/разделы / темы дисциплины	Код индикатора достижения компетенции	Результаты обучения	Оценочные средства – наименование	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел I. Направляемые волны	ПК -4.3 Оценивает соответствие техническим нормам и параметрам оборудования и каналов передачи установленным эксплуатационно-техническим нормам	Знает физический принцип действия СВЧ устройств.	УО-4 дискуссия, ПР-7 конспект ПР-6 лабораторная работа ПР-12 расчетная работа	-
			Умеет рассчитать основные характеристики СВЧ устройств.		
			Владеет навыком по измерению параметров линий передач и узлов СВЧ.		
2	Раздел 2. Фидерные тракты	ПК -3.2 Применяет методы оценки качества работы инфокоммуникационного оборудования	Знает принципы действия передающих и приемных трактов инфокоммуникационного оборудования.	УО-4 дискуссия, ПР-7 конспект ПР-6 лабораторная работа ПР-12 расчетная работа	-
			Умеет правильно выбирать методы оценки качества работы СВЧ тракта.		
			Владеет навыками применения выбранных методов оценки качества передающих и приемных трактов инфокоммуникационного оборудования		
		ПК-7.3 Выбирает и использует соответствующее тестовое и измерительное оборудование, использует программное	Знает назначение необходимого тестового и измерительное оборудование	УО-4 дискуссия, ПР-7 конспект ПР-6 лабораторная работа ПР-12 расчетная работа	-
			Умеет проводить анализ работы СВЧ устройств;		
			Владеет навыком по измерению характеристик СВЧ устройств соответствующим		

		обеспечение оборудования при его настройке	измерительным оборудованием		
Раздел 3. Основы теории антенных устройств	ПК-7.1 Проведения проверки технического состояния оборудования, трактов и каналов передачи	ПК-7.1 Проведения проверки технического состояния оборудования, трактов и каналов передачи	Знает требования к техническому состоянию оборудования, трактов и каналов передачи	УО-4 дискуссия, ПР-7 конспект ПР-12 расчетная работа ПР-9 курсовой проект	
			Умеет измерять параметры СВЧ устройств и антенн Владеет навыком проводить регулировку и опытную проверку работоспособности СВЧ устройств.		
	ПК-7.2 Ведет техническую, оперативно-техническую и технологическую документацию по установленным формам; осуществляет проверку качества работы оборудования и средств связи	ПК-7.2 Ведет техническую, оперативно-техническую и технологическую документацию по установленным формам; осуществляет проверку качества работы оборудования и средств связи	Знает основные требования к техническим характеристикам СВЧ устройств в соответствии с международными и национальными стандартами.	УО-4 дискуссия, ПР-7 конспект ПР-12 расчетная работа ПР-9 курсовой проект	
			Умеет проверять работоспособность фидерных трактов и антенных устройств. Владеет навыком по измерению характеристик антенно-фидерных устройств.		
Раздел 4. Типы антенных устройств	ПК-8.1 Применяет регламенты по обновлению и техническому сопровождению обслуживаемого радиоэлектронного оборудования	ПК-8.1 Применяет регламенты по обновлению и техническому сопровождению обслуживаемого радиоэлектронного оборудования	Знает режимы работы и условия эксплуатации радиоэлектронного оборудования;	УО-4 дискуссия, ПР-7 конспект ПР-12 расчетная работа ПР-9 курсовой проект	
			Умеет правильно применять регламенты по обновлению и техническому сопровождению обслуживаемого радиоэлектронного оборудования; Владеет навыками планирования порядка и последовательности проведения работ по обслуживанию радиоэлектронного оборудования;		
Экзамен	ПК-3.2, ПК-4.3, ПК-7.1., ПК-7.2, ПК-7.3, ПК-8.1			-	УО-1 (собеседование/устный опрос) ПР-9 (Курсовой проект)

VII. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Самостоятельная работа определяется как индивидуальная или коллективная учебная деятельность, осуществляемая без непосредственного руководства педагога, но по его заданиям и под его контролем. Самостоятельная работа – это познавательная учебная деятельность, когда

последовательность мышления студента, его умственных и практических операций и действий зависит и определяется самим студентом.

Самостоятельная работа студентов способствует развитию самостоятельности, ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровней, что в итоге приводит к развитию навыка самостоятельного планирования и реализации деятельности.

Целью самостоятельной работы студентов является овладение необходимыми компетенциями по своему направлению подготовки, опытом творческой и исследовательской деятельности.

Формы самостоятельной работы студентов:

- работа с основной и дополнительной литературой, интернет-ресурсами;
- самостоятельное ознакомление с лекционным материалом, представленным на электронных носителях, в библиотеке образовательного учреждения;
- подготовка реферативных обзоров источников периодической печати, опорных конспектов, заранее определенных преподавателем;
- поиск информации по теме с последующим ее представлением в аудитории в форме доклада, презентаций;
- подготовка к выполнению аудиторных контрольных работ;
- выполнение домашних контрольных работ;
- выполнение тестовых заданий, решение задач;
- составление кроссвордов, схем;
- подготовка сообщений к выступлению на семинаре, конференции;
- заполнение рабочей тетради;
- написание эссе, курсовой работы;
- подготовка к деловым и ролевым играм;
- составление резюме;
- подготовка к зачетам и экзаменам;
- другие виды деятельности, организуемые и осуществляемые образовательным учреждением и органами студенческого самоуправления.

VIII. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

1. Чебышев, В. В. Устройства СВЧ и антенны. Часть 1. Устройства СВЧ : учебное пособие / В. В. Чебышев. — Москва : Московский технический университет связи и информатики, 2014. — 51 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/61568.html>
2. Чебышев, В. В. Устройства СВЧ и антенны. Часть 2 : учебное пособие / В. В. Чебышев. — Москва : Московский технический университет связи и информатики, 2015. — 46 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/61569.html>
3. Чебышев, В. В. Устройства СВЧ и антенны. Часть 3. Устройства СВЧ : учебное пособие / В. В. Чебышев. — Москва : Московский технический университет связи и информатики, 2016. — 45 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/61570.html>
4. Расчет и измерение характеристик устройств СВЧ и антенн : учебное пособие / Ю. Е. Мительман, Р. Р. Абдуллин, С. Г. Сычугов, С. Н. Шабунин ; под редакцией Ю. Е. Мительман. — Екатеринбург : Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2016. — 140 с. — ISBN 978-5-7996-1821-6. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/65981.html>
5. Основы теории антенн и распространения радиоволн : учебное пособие / В. П. Кубанов, В. А. Ружников, М. Ю. Сподобаев, Ю. М. Сподобаев ; под редакцией В. П. Кубанов. — Самара : Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2016. — 257 с. — ISBN 978-5-9912-0152-0. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система

IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/71866.html>

6. Антенны связи диапазона СВЧ: Учебное пособие. [Электронный ресурс] / Бондаренко Л.В. — Владивосток : Изд-во Дальневосточного федерального университета, 2017. — 81 с. <https://elib.dvfu.ru/vital/access/manager/Repository/vtls:000843687?query=антенны+и+фидеры&queryType=vitalDismax>

7. Задачи анализа и синтеза приемных и излучающих антенных систем : учебное пособие [Электронный ресурс] / Короченцев В.И., Сюань Линьлинь, Голиков С.Ю. — Владивосток : Изд-во Дальневосточного федерального университета, 2018. — 51 с. <https://elib.dvfu.ru/vital/access/manager/Repository/vtls:000876864?query=антенны&queryType=vitalDismax>

Дополнительная литература

1. Жуков, В. М. Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства систем радиосвязи : учебное пособие / В. М. Жуков, А. Н. Сыроев. — Тамбов : Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2013. — 81 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/64563.html>

2. Шпилевой А.А. Теория антенно-фидерных устройств систем связи [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.А. Шпилевой, В.Е. Пониматкин. — Электрон. текстовые данные. — Калининград: Балтийский федеральный университет им. Иммануила Канта, 2011. — 114 с. — 978-5-9971-0191-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/23936.html>

3. Замотринский, В. А. Устройства СВЧ и антенны. Часть 1. Устройства СВЧ : учебное пособие / В. А. Замотринский, Л. И. Шангина. — Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. — 222 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL:

<http://www.iprbookshop.ru/13996.html>

4. Кисель, Н. Н. Основы компьютерного моделирования антенн и СВЧ-устройств в программе HFSS ANSYS : учебное пособие / Н. Н. Кисель, К. В. Марков. — Ростов-на-Дону, Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2021. — 166 с. — ISBN 978-5-9275-3974-1. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/121923.html>

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети

«Интернет»

1. База данных Scopus <http://www.scopus.com/home.url>
2. База данных Web of Science <http://apps.webofknowledge.com/>
3. Научная библиотека ДВФУ <https://www.dvfu.ru/library/>
4. «eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека
<http://elibrary.ru/defaultx.asp>
5. СЕТЕВОЕ ИЗДАНИЕ «WWW.IPRBOOKSHOP.RU»
<http://www.iprbookshop.ru>
6. Электронно-библиотечная система «Лань» <https://e.lanbook.com/>
7. Электронно-библиотечная система «Znanium.com»
<https://znanium.com/catalog>

Перечень информационных технологий и программного обеспечения

1. Adobe Acrobat Pro – пакет программ для создания и просмотра электронных публикаций в формате PDF;
2. AutoCAD - трёхмерная система автоматизированного проектирования и черчения
4. Ansys - универсальная программная система анализа методом конечных элементов.
3. Пакет программного обеспечения Microsoft Office (Word, Outlook,

Power Point, Excel, Photoshop)

4. Microsoft teams.

IX.МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Планирование и организация времени, отведенного на изучение дисциплины. Приступить к освоению дисциплины следует незамедлительно в самом начале учебного семестра. Рекомендуется изучить структуру и основные положения Рабочей программы дисциплины. Обратит внимание, что кроме аудиторной работы (лекции, лабораторные занятия) планируется самостоятельная работа, итоги которой влияют на окончательную оценку по итогам освоения учебной дисциплины. Все задания (аудиторные и самостоятельные) необходимо выполнять и предоставлять на оценку в соответствии с графиком.

В процессе изучения материалов учебного курса предлагаются следующие формы работ: чтение лекций, лабораторные занятия, задания для самостоятельной работы.

Лекционные занятия ориентированы на освещение вводных тем в каждый раздел курса и призваны ориентировать студентов в предлагаемом материале, заложить научные и методологические основы для дальнейшей самостоятельной работы студентов.

Практические и лабораторные занятия акцентированы на наиболее принципиальных и проблемных вопросах курса и призваны стимулировать выработку практических умений.

Особо значимой для профессиональной подготовки студентов является самостоятельная работа по курсу. В ходе этой работы студенты отбирают необходимый материал по изучаемому вопросу и анализируют его. Студентам необходимо ознакомиться с основными источниками, без которых невозможно полноценное понимание проблематики курса.

Освоение курса способствует развитию навыков обоснованных и самостоятельных оценок фактов и концепций. Поэтому во всех формах контроля знаний, особенно при сдаче экзамена, внимание обращается на понимание проблематики курса, на умение практически применять знания и делать выводы. Работа с литературой. Рекомендуется использовать различные возможности работы с литературой: фонды научной библиотеки ДВФУ и электронные библиотеки (<http://www.dvfu.ru/library/>), а также доступные для использования другие научно-библиотечные системы.

Подготовка к экзамену. К сдаче экзамена допускаются обучающиеся, выполнившие все задания (практические, самостоятельные), предусмотренные рабочей программой дисциплины, посетившие не менее 85% аудиторных занятий.

Шкала оценивания сформированности образовательных результатов по дисциплине представлена в фонде оценочных средств (ФОС).

X. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебные занятия по дисциплине проводятся в помещениях, оснащенных соответствующим оборудованием и программным обеспечением.

Перечень материально-технического и программного обеспечения дисциплины приведен в таблице.

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения.
Мультимедийная аудитория E729, E728, E625	Экран с электроприводом Trim Screen Line, проектор Mitsubishi, подсистема видеокмутации, подсистема аудиокмутации и звукоусиления, акустическая система для потолочного монтажа Extron, цифровой аудиопроцессор, документ-камера AverVision, доска аудиторная, специализированная учебная мебель	Microsoft Office 365, Microsoft Teams, Microsoft Visio, MathCad Education University Edition, AutoCAD, 7-Zip, Scilab,
Компьютерный класс кафедры E 725, E 726, E 727	оборудование Elvis II + модуль Emona DATEx. Методика «Emona DATEx Экран с электроприводом Trim Screen Line, проектор Mitsubishi, подсистема видеокмутации, подсистема аудиокмутации и звукоусиления, акустическая система для потолочного монтажа Extron, цифровой аудиопроцессор, документ-камера AverVision, доска аудиторная, специализированная учебная мебель	Microsoft Office 365, Microsoft Teams, Microsoft Visio, MathCad Education University Edition, AutoCAD, 7-Zip, Scilab,
Читальные залы Научной библиотеки ДВФУ с открытым доступом	Моноблок HP ProOne 400 All-in-One 19,5 (1600x900), Core i3-4150T, 4GB DDR3-1600 (1x4GB), 1TB HDD 7200 SATA, DVD+/-RW, GigE, Wi-Fi, BT, usb kbd/mse, Win7Pro (64-bit) +	Microsoft Office 365, Microsoft Teams, Microsoft Visio, MathCad

к фонду (корпус А – уровень 10)	Win8.1Pro (64-bit), 1-1-1 Wty Скорость доступа в Интернет 500 Мбит/сек. Рабочие места для людей с ограниченными возможностями здоровья оснащены дисплеями и принтерами Брайля; оборудованы: портативными устройствами для чтения плоскочечатных текстов, сканирующими и читающими машинами видеувелечителем с возможностью регуляции цветовых спектров; увеличивающими электронными лупами и ультразвуковыми маркировщиками	Education Universety Edition, AutoCAD, 7-Zip, Scilab,
---------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------

В целях обеспечения специальных условий обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в ДВФУ все здания оборудованы пандусами, лифтами, подъемниками, специализированными местами, оснащенными туалетными комнатами, табличками информационно- навигационной поддержки.