

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Забайкальский государственный университет»  
(ФГБОУ ВО «ЗабГУ»)

Энергетический факультет  
Кафедра Физики и техники связи

УТВЕРЖДАЮ:

Декан факультета

Энергетический факультет

Батухтин Андрей  
Геннадьевич

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_\_\_  
г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Б1.В.18 Антенно-фидерные устройства и распространение радиоволн в системе мобильной  
связи  
на 144 часа(ов), 4 зачетных(ые) единиц(ы)  
для направления подготовки (специальности) 11.03.02 - Инфокоммуникационные  
технологии и системы связи

составлена в соответствии с ФГОС ВО, утвержденным приказом  
Министерства образования и науки Российской Федерации от  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Профиль – Системы мобильной связи (для набора 2024)  
Форма обучения: Очная

# 1. Организационно-методический раздел

## 1.1 Цели и задачи дисциплины (модуля)

Цель изучения дисциплины:

изучение студентами особенностей распространения радиоволн различных диапазонов в свободном пространстве и в реальных средах, а также изучение теории антенн и различных типов антенн. В результате изучения дисциплины у студентов должны сформироваться знания, навыки и умения, позволяющие проводить самостоятельный анализ процесса распространения радиоволн, самостоятельный выбор типов антенн и расчёт их параметров. Студенты должны также ознакомиться с оптимизацией параметров антенн с учётом области их применения.

Задачи изучения дисциплины:

- изучение влияния электромагнитных параметров среды на процесс распространения радиоволн и формирование напряжённости поля в точке приёма;
- изучение принципов работы антенных устройств и понимать физические процессы, происходящие в них;
- изучение методов анализа антенных устройств, основанные на использовании уравнений электродинамики, приобрести навыки в выполнении расчётов антенн по заданным электрическим параметрам, в том числе с использованием учебных программ на ЭВМ.

## 1.2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОП

Дисциплина относится к вариативной части профессионального цикла. Для изучения курса требуется знание основ математического анализа, теории электрических цепей, общей теории связи, основ построения инфокоммуникационных систем и сетей, теории электромагнитного поля. В свою очередь, данный курс, помимо самостоятельного значения, является предшествующей дисциплиной для ряда других специальных дисциплин по выбору студента

## 1.3. Объем дисциплины (модуля) с указанием трудоемкости всех видов учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 4 зачетных(ые) единиц(ы), 144 часов.

Виды занятий	Семестр 8	Всего часов
Общая трудоемкость		144
Аудиторные занятия, в т.ч.	63	63
Лекционные (ЛК)	18	18
Практические (семинарские) (ПЗ, СЗ)	27	27
Лабораторные (ЛР)	18	18

Самостоятельная работа студентов (СРС)	81	81
Форма промежуточной аттестации в семестре	Зачет	0
Курсовая работа (курсовой проект) (КР, КП)		

## 2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Планируемые результаты освоения образовательной программы		Планируемые результаты обучения по дисциплине
Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции, формируемые в рамках дисциплины	Дескрипторы: знания, умения, навыки и (или) опыт деятельности
ПК-1	Способен осуществлять монтаж, наладку, настройку, регулировку, опытную проверку работоспособности, испытания и сдачу в эксплуатацию сооружений, средств и оборудования сетей	<p>Знать: Знает порядок и последовательность проведения работ по обслуживанию радиоэлектронных средств и радиоэлектронных систем различного назначения;</p> <p>Уметь: Умеет применять современные отечественные и зарубежные средства измерения и контроля</p> <p>Владеть: Владеет современными отечественными и зарубежными пакетами программ при решении схемотехнических, системных и сетевых задач, правилами и методами монтажа, настройки и регулировки узлов радиотехнических устройств и систем</p>
ПК-2	Способен эксплуатации и развитию транспортные сети и сети передачи данных, включая сети радиодоступа, спутниковых систем, коммутационных подсистем и сетевых платформ	Знать: Знает принципы построения и работы сети связи и протоколов сигнализации, используемых в сетях связи; основы спутниковых технологий, используемых на транспортной сети, принципы построения

		<p>спутниковых сетей связи, законодательство</p> <p>Уметь: Умеет осуществлять конфигурационное и параметрическое планирование транспортных сетей и сетей передачи данных, анализировать качество работы транспортных сетей и сетей передачи данных; разрабатывать технические требования, предъявляемые к используемому на сети оборудованию и спутниковым решениям;</p> <p>Владеть: Владеет навыками выработки решений по оперативному переконфигурированию сети, изменению параметров коммутационной подсистемы, сетевых платформ, оборудования и технологий</p>
ПК-3	<p>Способность осуществлять монтаж, настройку, регулировку и тестирование оборудования, отработку режимов работы, контроль проектных параметров работы, испытания оборудования связи обеспечение соответствия технических параметров инфокоммуникацион-ных систем и /или их составляющих, установленным эксплуатационнотехническим нормам</p>	<p>Знать: Знает действующие отраслевые нормативы, определяющие требования к параметрам работы оборудования, каналов и трактов</p> <p>Уметь: Умеет вести техническую, оперативнотехническую и технологическую документацию по установленным формам; осуществлять проверку</p> <p>Владеть: Умеет вести техническую, оперативно техническую и технологическую документацию по установленным формам; осуществлять проверку качества работы оборудования и средств связи</p>
ПК-4	<p>Знает общие принципы функционирования оборудования; проведения</p>	<p>Знать: Знает как собирать и анализировать информацию для формирования исходных данных</p>

	ремонтных и восстановительных работ;	<p>для проектирования средств и сетей связи и их элементов.</p> <p>Уметь: Умеет собирать и анализировать информацию для формирования исходных данных для проектирования средств и сетей связи и их элементов.</p> <p>Владеть: Владеет сбором и анализом информации для формирования исходных данных для проектирования средств и сетей связи и их элементов.</p>
--	--------------------------------------	--

### 3. Содержание дисциплины

#### 3.1. Разделы дисциплины и виды занятий

##### 3.1 Структура дисциплины для очной формы обучения

Модуль	Номер раздела	Наименование раздела	Темы раздела	Всего часов	Аудиторные занятия			С Р С
					Л К	П З (С З)	Л Р	
1	1.1	Распространение радиоволн над поверхностью земли, влияние тропосферы и ионосферы	Распространение коротких волн. Особенности распространения средних и длинных волн.	32	4	6	4	18
2	2.1	Распространение УКВ на космических радиолиниях. Распространение коротких волн. Особенности распространения средних и длинных волн.	Распространение УКВ на космических радиолиниях. Распространение коротких волн. Особенности распространения средних и длинных волн. Параметры, характеризующие направленные и	32	4	6	4	18

		Параметры, характеризующие направленные и поляризационные свойства передающих антенн.	поляризационные свойства передающих антенн.					
3	3.1	Теория симметричных вибраторов. Основы теории приёмных антенн, основные электрические характеристики и приёмных антенн	Приближенный закон распределения тока в симметричном электрическом вибраторе (СЭВ). Диаграмма направленности СЭВ. Коэффициент направленного действия и действующая длина СЭВ. Входное сопротивление и сопротивление излучения. Основы строгого решения задачи о симметричном электрическом вибраторе	32	4	6	4	18
4	4.1	Антенные решётки с управляемой диаграммой направленности. Антенны коротких волн, фидерные тракты. Антенны средних и длинных волн, фидерные тракты. Вопросы миниатюризации антенн.	Антенные решётки с управляемой диаграммой направленности. Антенны коротких волн, фидерные тракты. Антенны средних и длинных волн, фидерные тракты. Вопросы миниатюризации антенн.	48	6	9	6	27
Итого				144	18	27	18	81

### 3.2. Содержание разделов дисциплины

### 3.2.1. Лекционные занятия, содержание и объем в часах

Модуль	Номер раздела	Тема	Содержание	Трудоемкость (в часах)
1	1.1	Распространение радиоволн над поверхностью земли, влияние тропосферы и ионосферы. Распространение коротких волн. Особенности распространения средних и длинных волн	Механизмы распространения радиоволн. Основные механизмы распространения, формирующие поле на радиополосах различного назначения. Распространение земной волны. Физические процессы при распространении земной волны. Классификация методов расчёта поля земной волны. Электрические параметры земной атмосферы. Строение атмосферы. Области атмосферы, химический состав, распределение температуры и количества нейтральных частиц в единице объема по высоте. Распределение заряженных частиц в ионосфере.	4
2	2.1	Распространение УКВ на космических радиополосах. Распространение коротких волн. Особенности распространения средних и длинных волн. Параметры, характеризующие направленные и поляризационные свойства передающих антенн.	Классификация источников внешних помех. Характеристики помех от различных источников природного происхождения: атмосферные помехи, тепловые шумы атмосферы и поверхности земли, помехи космического происхождения. Полная мощность шума на входе приемника. Основной механизм распространения и области применения КВ. Рабочие частоты. Замирания и разнесенный приём. Время запаздывания и ограничение скорости передачи информации. Влияние ионосферных возмущений	4
3	3.1	Теория симметричных вибраторов. Основы теории приёмных антенн,	Приближенный закон распределения тока в симметричном электрическом вибраторе (СЭВ). Диаграмма направленности СЭВ. Коэффициент направленного действия и действующая длина СЭВ. Входное сопротивление и сопротивление	4

		основные электрические характеристик и приёмных антенн	излучения. Основы строгого решения задачи о симметричном электрическом вибраторе	
4	4.1	Антенные решётки с управляемой диаграммой направленности. Антенны коротких волн, фидерные тракты. Антенны средних и длинных волн, фидерные тракты. Вопросы миниатюризации антенн.	Общие сведения о фазированных антенных решётках. Искажения диаграммы направленности при сканировании. Максимальное допустимое расстояние между излучателями ФАР. Взаимное влияние элементов решётки. Требования, предъявляемые к излучателю. ФАР с фидерным питанием и с пространственным (оптическим) питанием.	6

### 3.2.2. Практические занятия, содержание и объем в часах

Модуль	Номер раздела	Тема	Содержание	Трудоемкость (в часах)
1	1.1	Распространение радиоволн над поверхностью земли, влияние тропосферы и ионосферы. Распространение коротких волн. Особенности распространения средних и длинных волн	Проведение расчетов радиолокационного поля с учетом рельефа местности. Расчет параметров симметричных направленных вибраторов для конкретного диапазона волн	6
2	2.1	Распространение УКВ на космических радиолониях.	Расчет параметров симметричных направленных вибраторов для конкретного диапазона волн	6



		<p>Распространение коротких волн.</p> <p>Особенности распространения средних и длинных волн.</p> <p>Параметры, характеризующие направленные и поляризационные свойства передающих антенн.</p>		
3	3.1	<p>Теория симметричных вибраторов.</p> <p>Основы теории приёмных антенн, основные электрические характеристики и приёмных антенн</p>	<p>Определение параметров и конструкции элементов фазированной антенной решетки</p>	6
4	4.1	<p>Антенные решётки с управляемой диаграммой направленности . Антенны коротких волн, фидерные тракты.</p> <p>Антенны средних и длинных волн, фидерные тракты.</p> <p>Вопросы миниатюризации антенн.</p>	<p>Конструктивный расчет питания ФАР</p>	9

### 3.2.3. Лабораторные занятия, содержание и объем в часах

--	--	--	--	--

Модуль	Номер раздела	Тема	Содержание	Трудоемкость (в часах)
1	1.1	Распространение радиоволн над поверхностью земли, влияние тропосферы и ионосферы. Распространение коротких волн. Особенности распространения средних и длинных волн	Исследование структуры поля УКВ вблизи земной поверхности. Исследование директорных и рупорных антенн.	4
2	2.1	Распространение УКВ на космических радиолиниях. Распространение коротких волн. Особенности распространения средних и длинных волн. Параметры, характеризующие направленные и поляризационные свойства передающих антенн.	Исследование директорных и рупорных антенн.	4
3	3.1	Теория симметричных вибраторов. Основы теории приёмных антенн, основные электрические характеристик и приёмных	Исследование антенн вращающейся поляризации	4

		антенн		
4	4.1	<p>Антенные решётки с управляемой диаграммой направленности . Антенны коротких волн, фидерные тракты. Антенны средних и длинных волн, фидерные тракты. Вопросы миниатюризации антенн.</p>	Исследование синфазных горизонтальных диапазонных антенн.	6

### 3.3. Содержание материалов, выносимых на самостоятельное изучение

Модуль	Номер раздела	Содержание материалов, выносимого на самостоятельное изучение	Виды самостоятельной деятельности	Трудоемкость (в часах)
1	1.1	<p>Диэлектрическая проницаемость стратосферы. Локальные неоднородности диэлектрической проницаемости тропосферы. Электрические свойства ионосферы. Диэлектрическая проницаемость и проводимость ионосферы. Локальные неоднородности в ионосфере. Ионосферные возмущения. Распространение радиоволн в земной атмосфере. Преломление радиоволн. Общие определения. Траектория волны. Радиус кривизны</p>	оставление конспекта, выполнение проектных заданий	18

		<p>траектории. Траектории радиоволн в тропосфере. Эквивалентный радиус земли. Траектории радиоволн в ионосфере. Рассеяние радиоволн слабыми неоднородностями атмосферы. Ослабление радиоволн в атмосфере. Ослабление в газах. Ослабление в осадках. Ослабление в ионосфере. Расчет поля с учетом рельефа местности. Распространение УКВ в городе. Факторы, влияющие на устойчивость работы линии связи. Дальнее тропосферное распространение УКВ (линии ДТР). Основные характеристики линий ДТР. Энергетический расчет линий ДТР.</p>		
2	2.1	<p>Флуктуации уровня сигнала. Внешние шумы, влияющие на работу космических радиолиний. Искажения сигналов в тракте распространения. Дисперсионные искажения. Деформация спектра сигнала за счет эффекта Доплера. Энергетические соотношения на космических радиолиниях. Основы расчета КВ радиолиний. Углы наклона траектории. Расчет напряженности поля. Механизм распространения и области применения</p>	Подготовка сообщений и докладов	18

		<p>длинных волн. Расчет напряженности поля. Коэффициент направленного действия (КНД) антенны. Коэффициент полезного действия (КПД) и коэффициент усиления (КУ) антенны. Связь между КУ, КНД и КПД антенны. Определение напряженности поля по заданному КУ антенны и подводимой к ней мощности.</p> <p>Поляризационный эллипс и его параметры.</p> <p>Эллиптическая, круговая и линейная поляризация поля антенны. КНД антенны с эллиптической поляризацией поля.</p>		
3	3.1	<p>Основы строгого решения задачи о симметричном электрическом вибраторе.</p> <p>Симметричный щелевой вибратор. Параметры, характеризующие приемные антенны: коэффициент направленного действия, коэффициент усиления. Эффективная площадь приемной антенны.</p> <p>Согласование приемной и передающей антенн</p> <p>Плоская двумерная синфазная антенная решетка. Излучающая плоская поверхность (апертура) с непрерывным распределением источников Гюйгенса.</p> <p>Излучение прямоугольной и круглой</p>	написание реферата доклада, проверка задач	18

		<p>синфазных поверхностей.</p> <p>Влияние закона амплитудного распределения на диаграмму направленности и КНД.</p> <p>Апертурный коэффициент использования излучающей поверхности (КИП). Влияние фазовых искажений на направленные свойства излучающей поверхности. Понятие о синтезе антенн.</p> <p>Сверхнаправленные антенны.</p> <p>Неэквидистантные антенные решетки.</p> <p>Зеркальные параболические антенны. Геометрические свойства и принцип действия параболической антенны. Приближенные методы расчета диаграммы направленности зеркальной параболической антенны.</p>		
4	4.1	<p>Плавный и дискретно коммутационный способы фазирования.</p> <p>Антенные решётки с частотным сканированием.</p> <p>Антенные решётки из активных излучателей. Понятие о многолучевых решётках. Понятие об антенных решетках с обработкой сигнала. Антенные решётки в полосковом исполнении.</p> <p>Пневматические антенны. Применение искусственных</p>	подготовка электронных презентаций, проверка задач	27

		(синтезированных) раскрытов. Использование запредельных волноводов в качестве излучающих элементов ФАР и в качестве различных элементов волноводных трактов. Мало выступающие диэлектрические или ребристые антенны поверхностных волн.	
--	--	---	--

#### **4. Фонд оценочных средств для проведения текущей и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

Фонд оценочных средств текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины представлен в приложении.

[Фонд оценочных средств](#)

#### **5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

##### **5.1. Основная литература**

##### **5.1.1. Печатные издания**

1. Нефедов, Евгений Иванович. Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства : учеб. пособие . - Москва : Академия, 2010. - 320 с. - (Высшее профессиональное образование). - ISBN 978-5-7695-6460-4 : 385-00.
2. Петров, Б.М. Электродинамика и распространение радиоволн : учеб. - Москва : Горячая линия-Телеком, 2003. - 558 с. : ил. -ISBN 5-93517-073-6 : 180-00.
3. Белодед, Владимир Иванович. Электродинамика : учеб. пособие . - Минск ; Москва : Новое знание : ИНФРА-М, 2012. - 205 с. : ил. - (Высшее образование). - ISBN 978-985-475-351-5. - ISBN 978-516-004-692-1 : 229-90.

##### **5.1.2. Издания из ЭБС**

1. Петров, Б.М. Электромагнитные поля во вращающихся интерферометрах и гироскопах / Петров Б.М. - Moscow : Горячая линия - Телеком, 2015. - . - Электромагнитные поля во вращающихся интерферометрах и гироскопах [Электронный ресурс] / Петров Б.М. - М. : Горячая линия - Телеком, 2015. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785991204347.html>. - ISBN 978-5-9912-0434-7 .
2. Потапов, Леонид Алексеевич. Электродинамика и распространение радиоволн : Учебное пособие / Потапов Л.А. - 2-е изд. - Электрон. дан. - М : Издательство Юрайт, 2018. - 196. - (Бакалавр и специалист). - 2-е издание. - ISBN 978-5-534-05369-2 : 509.00.

## 5.2. Дополнительная литература

### 5.2.1. Печатные издания

1. Васильев, Александр Николаевич. Классическая электродинамика. Краткий курс лекций : учеб. пособие. - Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2010. - 288с. : ил. - ISBN978-5-9775-0343-3 : 226-00.

2. Верхотуров, Анатолий Русланович. Физика. Электродинамика. Физика колебаний и 13 волн. Квантовая физика : учеб. пособие. - Чита : ЧитГУ, 2004. - 199с. - 98-00.

3. Тамм, И.Е. Основы теории электричества : учеб. пособие для студентов унтов / Тамм И.Е. - 9-е изд., испр. - Москва : Наука, 1976. - 614 с. : ил. - 1-73

### 5.2.2. Издания из ЭБС

1. Кравченко, Николай Юрьевич. Физика : Учебник и практикум / Кравченко Н.Ю. - М. : Издательство Юрайт, 2017. - 300. - (Профессиональное образование). - ISBN 978-5-534-01418-1 : 117.12.

2. Мусин, Юрат Рашитович. Физика: электричество и магнетизм : Учебное пособие / Мусин Ю.Р - 2-е изд. - М. : Издательство Юрайт, 2017. - 261. - (Профессиональное образование). - ISBN 978-5-534-03005-1 : 83.54

## 5.3. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

Название	Ссылка
Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»	<a href="http://window.edu.ru">http://window.edu.ru</a>
Научная Электронная Библиотека .	<a href="http://www.elibrary.ru">http://www.elibrary.ru</a>
Электронные версии учебников, пособий, методических разработок, указаний и рекомендаций по всем видам учебной работы, предусмотренных вузовской рабочей программой, находящиеся в свободном доступе для студентов, обучающихся в вузе	<a href="http://zabgu.ru">http://zabgu.ru</a>

## 6. Перечень программного обеспечения

Программное обеспечение общего назначения: ОС Microsoft Windows, Microsoft Office, ABBYY FineReader, ESET NOD32 Smart Security Business Edition, Foxit Reader, АИБС "МегаПро".

Программное обеспечение специального назначения:

1) 1С-Битрикс: Корпоративный портал - Компания 1С: Предприятие 8. Комплект для обучения в высших и средних учебных заведениях 7-Zip ABBYY FineReader Adobe Audition Adobe Flash Adobe In Design Adobe Lightroom Adobe Photoshop



### 7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Наименование помещений для проведения учебных занятий и для самостоятельной работы обучающихся	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа	Состав оборудования и технических средств обучения указан в паспорте аудитории, закрепленной расписанием по факультету
Учебные аудитории для проведения практических занятий	
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	
Учебные аудитории для промежуточной аттестации	
Учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций	Состав оборудования и технических средств обучения указан в паспорте аудитории, закрепленной расписанием по кафедре
Учебные аудитории для текущей аттестации	

### 8. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

При изучении дисциплины студенты должны достаточно много работать самостоятельно как при повторении лекционного материала, так и при подготовке к лабораторным и практическим занятиям. Для обеспечения эффективного усвоения студентами материалов дисциплины необходимо на первом занятии снабдить их перечнем вопросов, которые подлежат изучению, списком основной и дополнительной литературы для самостоятельной работы, тематикой заданий для самостоятельной работы. Контроль текущего уровня усвоения изученного материала в течение каждого семестра должен осуществляться путем компьютерного тестирования по лекционному курсу.

В рамках изучения дисциплины предусматривается проведение электронного тестирования студентов по следующим 4 модулям, составленным на основе тестовых вопросов по дисциплине.

- Распространение радиоволн в системах телерадиовещания
- Основы теории антенн
- Конкретные типы антенн в системах телерадиовещания
- Типы антенн различных диапазонов

Разработчик/группа разработчиков:  
Сергей Григорьевич Виблый

**Типовая программа утверждена**

Согласована с выпускающей кафедрой  
Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_\_ г.