

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КАМЧАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КамчатГТУ»)

Кафедра «Энергетические установки и электрооборудование судов»

УТВЕРЖДАЮ
Декан МФ
 /С.Ю. Труднев/
«31» января 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Электродинамика и распространение радиоволн»

по специальности
25.05.03 «Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования»
специализация «Техническая эксплуатация и ремонт радиооборудования промышленного флота»
(уровень специалитет)

направленность (профиль): для всех профилей
квалификация: инженер

Петропавловск-Камчатский
2024

Рабочая программа дисциплины составлена на основании ФГОС ВО по специальности 25.05.03 «Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования», специализация Техническая эксплуатация и ремонт радиооборудования промышленного флота (уровень специалитет), учебного плана подготовки специалистов, принятого на заседании ученого совета ФГБОУ ВО «КамчатГТУ» 31.01.2024 г., протокол № 5, в соответствии с требованиями Конвенции ПДНВ (Правило IV/2 Конвенции ПДНВ) и в соответствии с требованиями Кодекса ПДНВ в отношении компетентности (Раздел А-IV/2 и Таблица А-IV/2).

Составитель рабочей программы

Проф. кафедры «ЭУЭС», д.т.н., доцент



Сивоконь В.П.

Рабочая программа рассмотрена на заседании кафедры «ЭУЭС»

«15» декабря 2023 г, протокол № 4

Заведующий кафедрой «Электрооборудование и радиооборудование судов»

«31» января 2024 г.



Белов О.А.

1. Цели и задачи учебной дисциплины

Дисциплина «Электродинамика и распространение радиоволн» является одной из основных ФОС ВО (Б1.В.03) по специальности, формирующей профессиональную подготовку инженера по специальности 25.05.03 «Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования».

ЦЕЛЬ преподавания дисциплины заключается в ознакомление обучающихся с основами теории электромагнитных волн в направляющих структурах и колебательных системах, особенностями распространения радиоволн всего радиочастотного спектра и методами расчета радиолиний различных диапазонов. Изучение дисциплины подготавливает курсантов к освоению последующих профилирующих дисциплин специальности, рассматривающих теорию и технику радиотехнических систем, обеспечивает курсантов знаниями существа прогнозных решений в распространении радиоволн различных типов.

ЗАДАЧИ при изучении дисциплины:

основы теории электромагнитных волн в направляющих структурах и колебательных системах;

вопросы возбуждения полей в линиях передачи и резонаторах;

решение задачи излучения волн элементарными источниками, характеристики направленности;

методы расчета напряженности поля радиоволн различных диапазонов при распространении над земной поверхностью, в тропосфере и ионосфере.

Данная дисциплина является базовой, обеспечивает подготовку курсантов и студентов в области распространения радиоволн. Изучается в 6 семестре, т. е. после изучения основных фундаментальных дисциплин и включает лекции, лабораторные и самостоятельную работу.

2. Требования к результатам освоения дисциплины

После изучения дисциплины «Электродинамика и распространение радиоволн» учащийся должен обладать следующими **ПРОФЕССИОНАЛЬНЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ**:

ПК-4;

ПК-8

Планируемые результаты обучения при изучении дисциплины (знать, уметь, владеть), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенция или ее часть), представлены в табл. 1.

Таблица 1

Код компетенции	Планируемые результаты освоения образовательной программы	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемый результат обучения по дисциплине	Код показателя освоения
ПК-4	Способен осуществлять техническую эксплуатацию оборудования радиосвязи и электрорадионавигации	ИД-1 _{ПК-4} Знает нормативно-техническую документацию по эксплуатации оборудования радиосвязи и электрорадионавигации ИД-2 _{ПК-4} Знает основные характеристики оборудо-	Знать: Основные законы электродинамики.	З(ПК-4)

		вания радиосвязи и электрорадионавигации ИД-3 _{ПК-4} Умеет настраивать и эксплуатировать оборудование радиосвязи и электрорадионавигации. ИД-4 _{ПК-4} Имеет практический опыт работы по эксплуатации оборудования радиосвязи и электрорадионавигации.	Уметь: Использовать теоретические положения электродинамики для решения практических задач.	У(ПК-4)
			Приобрести навыки: по расчету трасс радиосвязи различных диапазонов частот с использованием специализированных программ.	П(ПК-4)
ПК-8	Эксплуатация подсистем и оборудования радиосвязи на судовых станциях связи	ИД-1 _{ПК-8} Знает оборудование радиосвязи, включая морские антенные системы; радиоаппаратура для спасательных средств со всеми вспомогательными устройствами, включая источники питания. ИД-2 _{ПК-8} Умеет настраивать антенну; переходить между антеннами; использовать радиооборудование спасательных средств использовать аварийный радиобуй – указатель местоположения (далее – АРБ)	Знать: современные тенденции и основные направления исследований в области электродинамики и распространения радиоволн.	З(ПК-8)
			Уметь: использовать нормативную, научно-техническую и справочную литературу, техническую и судовую документацию.	У(ПК-8)
			Приобрести навыки: по расчету трасс радиосвязи различных диапазонов частот с использованием специализированных программ.	П(ПК-8)

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

В соответствии с требованиями ФОС ВО образования по специальности 25.05.03, в ходе преподавания дисциплины курсанты должны:

изучить структуру поля и параметры электромагнитных волн в линиях передачи и резонаторах, способы их возбуждения;

усвоить основные сведения об излучении электромагнитных волн, механизмы распространения радиоволн на естественных трассах;

научиться пользоваться математическим аппаратом решения прикладных электродинамических задач, представлять модели радиотрасс в природных условиях;

приобрести навыки расчета частотного диапазона, сопротивления, фазовой и групповой скорости, мощности и затухания волн в линиях передачи, резонансных частот и добротности резонаторов, напряженности поля в радиолиниях разных диапазонов.

Курс должен формировать навыки современных методов исследования распространения радиоволн и приборов СВЧ.

Принципы построения курса:
соответствие ГОС;

систематизированное изложение основ современной теории электродинамики и распространения радиоволн;
 выделение основополагающего круга вопросов, которые в настоящее время важны для большинства приложений электродинамики;
 ориентация на общеинтеллектуальную деятельность, например, на постановку и формулировку задач;
 соответствие структуры деятельности курсанта заявленным целям.

В состав дисциплины входят лекционный курс, практические занятия, лабораторный практикум и самостоятельная работа.

В результате реализации настоящей программы студенты и курсанты получают знания в области радиотехнических цепей и сигналов.

Для успешного изучения курса студентам необходимо знать основные разделы таких дисциплин как "Высшая математика" (особенно теории вероятностей, теории ортогональных полиномов и рядов и др.), "Основы теории цепей" (и, в частности, теории четырехполюсников, переходных процессов, линейных цепей и др.), "Физика".

Курс служит базой для изучения последующих общепрофессиональных, специальных и факультативных дисциплин.

Изучение дисциплины подготавливает курсантов к освоению последующих профилирующих дисциплин специальности, рассматривающих теорию и технику приборов СВЧ, обеспечивает курсантов знаниями существа технических решений в радиотехнических системах.

Знания и умения, полученные курсантами в ходе изучения дисциплины «Электродинамика и распространение радиоволн», дополняются и совершенствуются при последующем изучении дисциплин специализации:

- «Системы связи»;
 - «Формирование и передача сигналов»;
 - «Приём и обработка сигналов»,
- а также при работе над выпускной квалификационной работой.

4. Содержание дисциплины

Тематический план дисциплины по очной форме обучения представлен в виде табл. 2.

Таблица 2

Наименование разделов и тем	Всего часов	Аудиторные занятия	Контактная работа по видам учебных занятий			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля	Итоговый контроль знаний
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Раздел 1. Электродинамика	72	26	16	10		28		18
Раздел 2. Распространение радиоволн	108	46	20	26		44		18
Экзамен								
Всего	180	72	36	36		72		36

Тематический план дисциплины по заочной форме обучения представлен в виде табл. 3.

Таблица 3

Наименование разделов и тем	Всего часов	Аудиторные занятия	Контактная работа по видам учебных занятий			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля	Итоговый контроль знаний
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Раздел 1. Электродинамика	66	7	3	4		55		4
Раздел 2. Распространение радиоволн	114	9	5	4		100		5
Экзамен								
Всего	180	16	8	8		155		9

4.2. Описание содержания дисциплины по разделам и темам

Тема 1.1. Лекция 1.1. Электромагнитное поле и его модели. Плотность тока проводимости. Дифференциальная форма закона Ома. Закон сохранения заряда. Закон неразрывности магнитных силовых линий.

Рассматриваемые вопросы: Введение. Модели и параметры поля электромагнитного поля, основные уравнения.

Практическая работа 1.1. Расчёт напряженности электрического поля с использованием материальных уравнений.

Форма занятия: разбор конкретных ситуационных подходов, коллективные решения задач.

Лекция 1.2. Закон полного тока. Ток смещения. Закон электромагнитной индукции. Материальные уравнения электромагнитного тока.

Рассматриваемые вопросы: Основные законы электромагнитного поля.

Практическая работа 1.2. Расчёт параметров поля в диэлектриках.

Форма занятия: разбор конкретных ситуационных подходов, коллективные решения задач.

Лекция 1.3. Поляризация и сторонние токи. Уравнения Максвелла для гармонических колебаний. Комплексная диэлектрическая проницаемость. Угол диэлектрических потерь.

Рассматриваемые вопросы: Трансформация уравнений Максвелла для статического поля к гармоническому виду колебаний.

Тема 1.2.

Лекция 1.4. Энергетические соотношения в электромагнитном поле. Вектор Пойнтинга.

Рассматриваемые вопросы: Энергетические характеристики электромагнитного поля.

Практическая работа 1.3. Расчёт параметров поля в различных средах.

Форма занятия: разбор конкретных ситуационных подходов, коллективные решения задач.

Тема 1.3.

Лекция 1.5. Понятие волнового процесса. Продольные и поперечные волны. Плоские волны и их характеристики. Затухание волн в материальных средах. Коэффициент распространения.

Рассматриваемые вопросы: Плоские волны и энергетические соотношения для них.

Практическая работа 1.4. Расчёт энергетических соотношений в электромагнитном поле.

Форма занятия: разбор конкретных ситуационных подходов, коллективные решения задач.

Лекция 1.6. Характеристическое сопротивление. Плотность потока мощности. Поляризация электромагнитных волн.

Рассматриваемые вопросы: Коэффициент отражения, электродинамические характеристики подстилающей поверхности, поляризация излучаемой волны.

Тема 1.4.

Лекция 1.7. Граничные условия для нормальной составляющей вектора магнитного поля. Граничные условия для нормальной составляющей вектора электрического поля. Граничные условия для касательных составляющих вектора магнитного поля. Граничные условия для касательных составляющих вектора электрического поля.

Рассматриваемые вопросы: Условия перехода плоской волны на границе раздела сред.

Практическая работа 1.5. Расчёт характеристик плоской волны в среде с поглощением.

Форма занятия: разбор конкретных ситуационных подходов, коллективные решения задач.

Лекция 1.8. Нормальное падение плоской электромагнитной волны на идеально проводящую плоскость. Нормальное падение плоской электромагнитной волны на диэлектрическое полупространство. Падение плоской электромагнитной волны на диэлектрическое полупространство под произвольным углом. Угол Брюстера.

Рассматриваемые вопросы: Свойства электромагнитного поля при различных вариантах падения на материалы, обладающие различными электродинамическими характеристиками.

Практическая работа 1.6. Измерение поляризационных характеристик поля.

Форма занятия: разбор конкретных ситуационных подходов, коллективные решения задач.

Тема 1.5.

Лекция 1.9. Направляющие системы и направляющие волны. Поперечные электромагнитные волны в прямоугольном волноводе. Критическая длина волны. Скорость распространения электромагнитной волны в волноводе. Затухание волн в волноводах.

Рассматриваемые вопросы: Назначение направляющих систем и их реализация, параметры и свойства.

Лекция 1.10. Собственные колебания в объёмном резонаторе. Классификация типов колебаний. Возбуждение и включение объёмных резонаторов. Добротность объёмных резонаторов.

Рассматриваемые вопросы: Назначение резонаторов, устройство и характеристики.

Тема 2.1.

Лекция 2.1. Классификация радиоволн по способу распространения. Основные определения. Распространение радиоволн в свободном пространстве. Понятие множителя ослабления.

Рассматриваемые вопросы: Особенности распространения радиоволн.

Практическая работа 2.1. Расчёт множителя ослабления при распространении радиоволн в свободном пространстве.

Форма занятия: разбор конкретных ситуационных подходов, коллективные решения задач.

Лекция 2.2. Расчёт линий радиосвязи с неизменяющимися параметрами. Флуктуационные процессы при распространении радиоволн.

Рассматриваемые вопросы: Основы расчета радиолиний.

Практическая работа 2.2. Расчёт линий радиосвязи с неизменяющимися параметрами.

Форма занятия: разбор конкретных ситуационных подходов, коллективные решения задач.

СРС. Закрепление пройденного материала, изучение учебной литературы.

Тема 2.3.

Лекция 2.3. Распространение радиоволн при поднятых передающей и приёмной антеннах. Приближённые граничные условия Леонтовича. Структура поля радиоволны в пункте приёма.

Рассматриваемые вопросы: Понятие поднятой антенны и связанные с ним особенности структуры электромагнитного поля.

Лекция 2.4. Учёт сферичности Земли при распространении радиоволн в пределах прямой видимости. Область пространства, эффективно участвующая в передаче энергии радиоволн.

Рассматриваемые вопросы: Пределы прямой видимости, первая зона Френеля.

Тема 2.4.

Практическая работа 2.3. Основы расчёта трасс УКВ диапазона.

Форма занятия: разбор конкретных ситуационных подходов, коллективные решения задач.

Лекция 2.5. Распространение радиоволн в пределах прямой видимости с учётом свойств подстилающей поверхности. Строение и основные параметры тропосферы.

Рассматриваемые вопросы: Параметры тропосферы и её влияние на дальность прямой видимости.

Тема 2.5.

Лекция 2.6. Коэффициент преломления тропосферы. Тропосферная рефракция. Учёт рефракции при распространении радиоволн. Замирания сигналов и способы их снижения.

Рассматриваемые вопросы: Особенности линий тропосферной радиосвязи.

Практическая работа 2.4. Обработка данных станций вертикального зондирования с целью определения критических частот.

Форма занятия: разбор конкретных ситуационных подходов, коллективные решения задач.

Лекция 2.7. Строение и основные параметры ионосферы. Радиозондирование ионосферы.

Рассматриваемые вопросы: Структура ионосферы и её вариации. Способы изучения ионосферы.

Практическая работа 2.5. Обработка данных станций вертикального зондирования с целью определения трасс радиосвязи.

Форма занятия: разбор конкретных ситуационных подходов, коллективные решения задач.

Лекция 2.8. Распространение радиоволн в ионосфере без учёта влияния магнитного поля Земли. Минимальная, максимальная и оптимальная частота.

Рассматриваемые вопросы: Особенности распространения радиоволн декаметрового диапазона в ионосфере.

Лекция 2.9. Влияние магнитного поля Земли на параметры ионосферы, двойное лучепреломление. Замирания сигнал и способы их снижения.

Рассматриваемые вопросы: Магнитоионное расщепление. Повышение эффективности декаметровых каналов за счёт уменьшения замираний.

Тема 2.6.

Практическая работа 2.6. Определение параметров радиолиний различной протяжённости и ориентации с помощью программы VOACAP.

Форма занятия: разбор конкретных ситуационных подходов, коллективные решения задач.

Лекция 2.10. Селективное поляризационное возбуждение характеристических волн в ионосфере.

Рассматриваемые вопросы: Способы снижения замираний в декаметровых каналах связи.

Практическая работа 2.7 Определение адекватности прогноза прохождения полученного с использованием программы VOACAP на основе сопоставления станций вертикального зондирования и маркеров.

Форма занятия: разбор конкретных ситуационных подходов, коллективные решения задач.

Лекция 2.11. Основы прогнозирования прохождения радиоволн в КВ диапазоне.

Рассматриваемые вопросы: Существующие модели ионосферы и их использование для определения оптимальных параметров декаметрового канала связи.

Лекция 2.12. Использование программы VOACAP для прогнозирования прохождения радиоволн декаметрового диапазона.

Рассматриваемые вопросы: Назначение и использование программы VOACAP.

Тема 2.7.

Лекция 2.12. Спутниковые радиолинии.

Практическая работа 2.8. Основы расчёта спутниковых линий связи.

Форма занятия: разбор конкретных ситуационных подходов, коллективные решения задач.

5 Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы курсантов

5.1 Внеаудиторная самостоятельная работа курсантов

Основными формами самостоятельной работы курсантов / студентов при освоении дисциплины являются: проработка вопросов, выносимых на самостоятельное изучение, изу-

чение основной и дополнительной литературы, конспектирование материалов, подготовка к практическим занятиям, подготовка к промежуточной аттестации.

6 Рекомендуемая литература

6.1 Основная:

1. Петров Б.М. Электродинамика и распространение радиоволн. – М.: Горячая линия-Телеком, 2007. – 558 с.
2. Вольман В.И., Пименов Ю.В. Техническая электродинамика. Учебник. - М.: “Связь”, 1971 - 486 с.
3. Семенов Н.А. Техническая электродинамика. – М.: Связь, 1973. – 480 с.
4. Калинин А.И., Черенкова Е.Л. Распространение радиоволн и работа радиолиний. – М.: Связь, 1971. – 439 с.

5. Дополнительная:

1. Дэвис К. Радиоволны в ионосфере. – М.: Мир, 1973. – 504 с.
2. Долуханов М.П. Распространение Радиоволн. –М.: Связь, 1965.– 336 с.
3. Гольдштейн Л.Д. Электромагнитные поля и волны. М.: Сов. Радио, 1971.

Перечень методических указаний для самостоятельной работы:

1. Сивоконь В.П. Электродинамика и распространение радиоволн. Методические указания и задания к расчётно-аналитическим работам для студентов и курсантов специальности 25.05.03 «Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования» очной и заочной форм обучения. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2015. – 24 с.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. <http://www.rupatent.ru/>
2. <http://umnik.fasie.ru/>
3. <http://new.fips.ru/>
4. <http://bibgraph.ru/>

8 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Рекомендации по освоению лекционного материала, подготовке к лекциям. Лекции являются основным видом учебных занятий в высшем учебном заведении. В ходе лекционного курса проводится изложение современных научных взглядов и освещение основных проблем изучаемой области знаний. Значительную часть теоретических знаний студент должен получать самостоятельно из рекомендованных основных и дополнительных информационных источников (учебников, Интернет-ресурсов, электронной образовательной среды университета). В тетради для конспектов лекций должны быть поля, где по ходу конспектирования делаются необходимые пометки. В конспектах рекомендуется применять сокращения слов, что ускоряет запись. Вопросы, возникшие в ходе лекций, рекомендуется делать на полях и после окончания лекции обратиться за разъяснениями к преподавателю. После окончания лекции рекомендуется перечитать записи, внести поправки и дополнения на полях. Конспекты лекций рекомендуется использовать при подготовке к практическим занятиям, экзамену, при выполнении самостоятельных заданий.

Рекомендации по подготовке к практическим занятиям. Для подготовки к практическим занятиям необходимо заранее ознакомиться с перечнем вопросов, которые будут рассмотрены на занятии, рекомендуемой основной и дополнительной литературы, содержанием

рекомендованных Интернет-ресурсов. Необходимо прочитать соответствующие разделы из основной и дополнительной литературы, рекомендованной преподавателем, выделить основные понятия и процессы, их закономерности и движущие силы и взаимные связи. При подготовке к занятию не нужно заучивать учебный материал. На практических занятиях нужно выяснять у преподавателя ответы на интересующие или затруднительные вопросы, высказывать и аргументировать свое мнение.

Рекомендации по организации самостоятельной работы. Самостоятельная работа включает изучение учебной литературы, поиск информации в сети Интернет, подготовку к практическим занятиям, экзаменам, выполнение контрольной работы, домашних практических заданий (расчетно-графических заданий, оформление отчетов по практическим работам, решение задач, изучение теоретического материала, вынесенного на самостоятельное изучение.

9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационно-справочных систем

9.1 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса

1. электронные образовательные ресурсы, представленные в п. 6 и 7 данной рабочей программы;
2. использование слайд-презентаций;

9.2. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса

При освоении дисциплины используется лицензионное программное обеспечение:

1. текстовый редактор Microsoft Word;
2. электронные таблицы Microsoft Excel;
3. презентационный редактор Microsoft Power Point;

10 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, самостоятельной работы учебная аудитория № 3-411 с комплектом учебной мебели на 24 посадочных места;
2. доска аудиторная;
3. комплект лекций по темам курса «Электродинамика и распространение радиоволн»;
4. плакаты;
5. схемы;
6. компьютеры.