МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

Кафедра интеллектуальных информационных радиофизических систем

УТВЕРЖДАЮ

Декан физического факультета
_____ И.С. Огнев
(подпись)

«17» мая 2022 г.

Рабочая программа дисциплины
«Техническая электродинамика»

Направление подготовки
03.03.03 Радиофизика

Направленность (профиль)
Телекоммуникационные системы и технологии

Форма обучения
очная

Программа одобрена
на заседании кафедры
от «28» апреля 2022 года, протокол № 9

Программа одобрена НМК
физического факультета
протокол № 5 от «11» мая 2022 года

Ярославль

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины Техническая электродинамика являются: ознакомление с физическими принципами излучения и приема электромагнитных волн, элементами СВЧ-техники, методами решения электродинамических задач и анализа СВЧ-устройств, а также приобретение профессиональных навыков в области проектирования и анализа элементов СВЧ-техники, анализа электромагнитных полей в различных прикладных задачах, проведения экспериментальных исследований излучения, создаваемого волноводной и антенной техникой.

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений.

Требует знаний, полученных при изучении дисциплин «Математический анализ», «Теория функций комплексной переменной», «Радиоэлектроника», «Электричество и магнетизм», «Методы математической физики», а также блока «Физика колебательных и волновых процессов». Знания и навыки, полученные при изучении дисциплины «Техническая электродинамика», используются обучаемыми при изучении дисциплины «Радиотехнические системы», а также при обучении в магистратуре по направлениям «Радиофизика», «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», «Радиотехника» и в научно-исследовательской работе.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОП бакалавриата

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих элементов компетенций в соответствии с ФГОС ВО, ОП ВО и приобретения следующих знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности:

Формируемая компетенция (код и формулировка)	**Индикатор достижения компетенции (код и формулировка)**	**Перечень планируемых результатов обучения**
Профессиональные компетенции		
ПК-1 Способен осуществлять сбор и обработку исходных данных для решения поставленных профессиональных задач в области радиофизики, осуществлять поиск, анализ и выбор методов их решения	ИД_ПК-1.2 Проводит анализ и обоснованный выбор методов решения профессиональных задач в области радиофизики	**Знать:** – основные понятия, теоремы и уравнения электродинамики СВЧ; – основные параметры и характеристики элементарных излучателей; – типы направляющих структур СВЧ, резонаторов и классы волн. **Уметь:** – формулировать систему уравнений электродинамики; – рассчитывать параметры элементарных электрического и магнитного излучателей; **Владеть навыками:** – расчета параметров идеально проводящего полого прямоугольного волновода.

4. Объем, структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 акад. часа.

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоемкость (в академических часах)						Формы текущего контроля успеваемости Форма промежуточной аттестации *(по семестрам)*
			Контактная работа						
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания	самостоятельная работа	
1	Основные понятия электродинамики СВЧ, задачи и методы их решения.	8	3	5				1	Тест №1
2	Излучение электромагнитных волн	8	4	12	12	2		1	Домашняя работа №1, Тест №2
	том числе с ЭО и ДОТ					1		1	Тест для самопроверки (ЭУК в LMS Moodle)
3	Направляющие структуры СВЧ	8	5	17	12	2		2	Домашняя работа №2, Тест №3, Расчётное задание
	том числе с ЭО и ДОТ					1		1	Тест для самопроверки (ЭУК в LMS Moodle)
4	Резонаторы	8	3	11	6	2		3	Домашняя работа №3, Тест №4, Контрольная работа, Отчёты по лаб. раб. №1-3
	том числе с ЭО и ДОТ					1		1	Тест для самопроверки (ЭУК в LMS Moodle)
	Всего		**15**	**45**	**30**	**9**		**9**	
		8				2	0,5	33,5	Экзамен
	Всего с экзаменом		**15**	**45**	**30**	**11**	**0,5**	**42,5**	

Содержание разделов (тем) дисциплины

Раздел 1

Основные понятия электродинамики СВЧ, задачи и методы их решения

Основные положения макроскопической электродинамики. Полная симметричная система уравнений Максвелла в интегральной и дифференциальной формах. Граничные условия для уравнений Максвелла. Основные уравнения ЭД. Классификация задач электродинамики и методы их решения. Метод перестановочной двойственности. Метод зеркальных изображений. Метод ЭД потенциалов. Примеры применения этих методов к решению задач. Энергетика ЭМП. Баланс энергии ЭМП. Теорема Умова-Пойтинга в дифференциальной и интегральной формах для произвольных сигналов. Вектор Пойтинга. Виды балансов. Уравнения баланса. Гармоническое воздействие на среду. Комплексные диэлектрическая и магнитная проницаемости, их физический смысл. Система уравнений

Максвелла в комплексной форме. Основные уравнения ЭД в комплексной форме. Теорема Умова-Пойтинга в комплексной форме. Активная и реактивная мощности. Их баланс. Лемма Лоренца. Теорема взаимности. Взаимное сопротивление излучателей.

Раздел 2

Излучение электромагнитных волн

Задачи излучения. Электродинамические потенциалы. Уравнения для электродинамических потенциалов. Их связь с векторами поля. Постановка задачи. Решение волнового уравнения. Элементарный электрический излучатель. Решение задачи определения его излучения в различных зонах и его анализ. Параметры диполя Герца: диаграмма направленности (в том числе её ширина, коэффициент направленного действия), сопротивление излучения, излучаемая мощность. Влияние проводящего тела на электромагнитное поле проводника. Электростатический случай. Случай постоянного тока. СВЧ-случай. Метод зеркальных изображений. Влияние подстилающей поверхности на электромагнитное поле, создаваемое диполем Герца и другими антеннами для различных ориентаций их по отношению к поверхности – постановка и решение задач. Зависимость от высоты подвеса антенн. Элементарный магнитный излучатель, анализ его излучения с помощью метода перестановочной двойственности, его диаграмма направленности. Элементарная излучающая площадка. Ее поле и диаграмма направленности. Зоны излучения. Их сравнительная характеристика. Связь между распределением тока по антенне и диаграммой направленности.

Раздел 3

Направляющие структуры на СВЧ

Характеристика типов линий и классов волн. Постановка задачи определения поля для полого волновода. Понятие о критической длине волны. Прямоугольный волновод. Решение задачи определения поля для ТЕ (Н)-волн. Основная волна, структура её поля, свойства. Решение задачи определения поля для ТМ-волн. Волны высших типов в прямоугольном волноводе. Круглый волновод. Общее решение. ТЕ-волны. ТМ-волны. Режимы работы волноводов. Применение волноводов. Способы возбуждения колебаний в волноводах. Поверхностный эффект в проводниках. Приближенные граничные условия Леонтовича. Потери в волноводах. Линии с волнами ТЕМ. Эквивалентная модель линии передачи с волной ТЕМ. Коаксиальная линия. Двухпроводная линия.

Раздел 4

Резонаторы

Понятие о резонаторе. Классификация резонаторов. Объемные резонаторы. Резонансные частоты. Прямоугольный резонатор – постановка и решение задачи определения поля в нём. Резонансные частоты. Основной тип поля. Добротность резонаторов. Затухание колебаний в реальных резонаторах.

Перечень лабораторных работ

1. Изучение структуры поля в прямоугольном волноводе.
2. Определение полных сопротивлений и длины волны в волноводе.
3. Измерение параметров диэлектриков на СВЧ волноводными методами.

5. Образовательные технологии, в том числе технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

В процессе обучения проводятся лекции, практические и лабораторные занятия, в ходе которых используются следующие типы занятий и образовательные технологии.

Вводная лекция - ориентирует студента в системе изучения данной дисциплины. Студенты знакомятся с назначением и задачами курса, его ролью и местом в системе учебных дисциплин и в системе подготовки в целом. Дается краткий обзор курса, история развития науки и практики, достижения в этой сфере, имена известных ученых, излагаются перспективные направления исследований. На этой лекции высказываются методические и организационные особенности работы в рамках данной дисциплины, а также дается анализ рекомендуемой учебно-методической литературы.

Академическая лекция (или лекция общего курса) – последовательное изложение материала, осуществляемое преимущественно в виде монолога преподавателя. Требования к академической лекции: современный научный уровень и насыщенная информативность, убедительная аргументация, доступная и понятная речь, четкая структура и логика, наличие ярких примеров, научных доказательств, обоснований, фактов.

Практическое занятие – занятие, посвященное освоению конкретных умений и навыков и закреплению полученных на лекции знаний.

Лабораторное занятие – это проведение студентами по заданию преподавателя опытов с использованием приборов, инструментов и других технических приспособлений, то есть это изучение каких-либо явлений с помощью специального оборудования. Лабораторные занятия, являясь одной форм учебных занятий, дают возможность наглядно сформировать представление об изучаемых явлениях и процессах, помогают овладеть техникой эксперимента, а также решать практические задачи путем постановки опыта.

Консультации – вид учебных занятий, являющийся одной из форм контроля самостоятельной работы студентов. На консультациях по просьбе студентов рассматриваются наиболее сложные моменты при освоении материала дисциплины, преподаватель отвечает на вопросы студентов, которые возникают у них в процессе самостоятельной работы.

В процессе обучения используются следующие технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии:

Электронный учебный курс «Техническая электродинамика» в LMS Электронный университет Moodle ЯрГУ, в котором:

- представлены задания для самостоятельной работы обучающихся по темам дисциплины;
- осуществляется проведение отдельных мероприятий текущего контроля успеваемости студентов;
- представлены тексты лекций по отдельным темам дисциплины;
- представлены правила прохождения промежуточной аттестации по дисциплине;
- представлен список учебной литературы, рекомендуемой для освоения дисциплины;
- представлена информация о форме и времени проведения консультаций по дисциплине в режиме онлайн;
- посредством форума осуществляется синхронное и (или) асинхронное взаимодействие между обучающимися и преподавателем в рамках изучения дисциплины.

6. Перечень лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

для формирования материалов для текущего контроля успеваемости и проведения промежуточной аттестации, для формирования методических материалов по дисциплине:

- программы Microsoft Office;
- Adobe Acrobat Reader.

7. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (при необходимости)

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

Автоматизированная библиотечно-информационная система «БУКИ-NEXT» http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости), рекомендуемых для освоения дисциплины

а) основная литература:

1. Никольский В.В., Никольская Т.А. Электродинамика и распространение радиоволн. – М.: Радио и связь, 1989. http://lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_card.php?rec_id=743834&cat_cd=YARSU
2. Фальковский, О. И., Техническая эдектродинамика : учебник для вузов / О. И. Фальковский. - 2-е изд., стереотип., СПб., Лань, 2009, 430с http://lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_card.php?rec_id=724842&cat_cd=YARSU
3. Артёмова Т.К., Тимофеев В.А., Караван О.В. Сборник задач «Электромагнитные поля и волны Ч.2». – ЯрГУ, 2010. http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20100785.pdf

б) дополнительная литература:

1. Нефедов Е. И. Устройство СВЧ и антенны: учеб. пособие для вузов. / Е. И. Нефедов; Гос. образовательное учреждение высшего проф. образования Моск. техн. ун-т связи и информатики - М.: Академия, 2009. - 376 с. http://lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_card.php?rec_id=606764&cat_cd=YARSU
2. Крамм М. Н. Сборник задач по основам электродинамики: учеб. пособие для вузов. / М. Н. Крамм; УМО вузов РФ по образованию в обл. радиотехники, электроники, биомедицинской техники и автоматизации - СПб.: Лань, 2011. - 248 с. http://lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_card.php?rec_id=1276881&cat_cd=YARSU
3. Шапиро Д. Н. Электромагнитное экранирование. / Д. Н. Шапиро - Долгопрудный: Интеллект, 2010. - 116 с. http://lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_card.php?rec_id=766591&cat_cd=YARSU
4. Марков Г. Т. Электродинамика и распространение радиоволн: учеб. пособие для вузов. / Г. Т. Марков, Б. М. Петров, Г. П. Грудинская; М-во высш. и сред. спец. образования СССР - М.: Советское радио, 1979. - 374 с. http://lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_card.php?rec_id=692923&cat_cd=YARSU

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине включает в свой состав специальные помещения:

- учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа и практических занятий (семинаров);
- учебные аудитории для проведения лабораторных работ;
- учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций,
- учебные аудитории для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы;
- помещения для хранения и профилактического обслуживания технических средств обучения.

Специальные помещения укомплектованы средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории. Для проведения занятий лекционного типа предлагаются наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, хранящиеся на электронных носителях и обеспечивающие тематические иллюстрации, соответствующие рабочим программам дисциплин.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

Число посадочных мест в лекционной аудитории больше либо равно списочному составу потока, а в аудитории для практических занятий (семинаров) – списочному составу группы обучающихся.группа обучающихся делится на две подгруппы).

Учебно-методическое обеспечение, необходимое для осуществления образовательного процесса по дисциплине включает в свой состав:

Автор:
Доцент кафедры инфокоммуникаций и радиофизики, к.ф.-м.н., _____ А.С. Гвоздарёв
(подпись)

Приложение №1 к рабочей программе дисциплины
«Техническая электродинамика»

Фонд оценочных средств
для проведения текущего контроля успеваемости
и промежуточной аттестации студентов
по дисциплине

1. Типовые контрольные задания и иные материалы, используемые в процессе текущего контроля успеваемости

Задания для самостоятельной работы

(данные задания выполняются студентом самостоятельно
и преподавателем в обязательном порядке не проверяются)

Задания по теме № 1 «Основные понятия электродинамики СВЧ. Задачи электродинамики и методы их решения**»**

Тест №1 (10 баллов):

1. Записать уравнения Максвелла в форме комплексных амплитуд.
2. Указать физический смыла 1 и 2 уравнений Максвелла.
3. Указать физический смыла 3 и 4 уравнений Максвелла.
4. Сформулировать лемму Лоренца и указать её физический смысл.
5. Сформулировать теорему взаимности и указать её физический смысл.
6. Сформулировать теорему баланса активной части комплексной мощности.
7. Сформулировать теорему баланса реактивной части комплексной мощности.
8. Сформулировать теорему единственности решения внутренней задачи электродинамики.
9. Сформулировать теорему единственности решения внешней задачи электродинамики.
10. Записать выражение для вектора Умова-Пойтинга.

Задания по теме № 2 «Излучение электромагнитных волн**»**

Домашнее задание №1

1. Решить задачи 1 – 13, 19 – 32 из раздела №5 сборника задач «Электромагнитные поля и волны Ч.2». – ЯрГУ, 2010» (Артёмова Т.К., Тимофеев В.А., Караван О.В. / ЯрГУ, 2010), рекомендованного в списке литературы.

Тест №2 (10 баллов):

1. Записать выражение для радиуса дальней зоны.
2. Указать основные отличия дальней и ближней зон излучения.
3. Дать определение диаграммы направленности.
4. Указать из каких компонент состоит вектора электромагнитного поля излучения диполя Герца.
5. Записать выражение для сопротивления излучения элементарного электрического излучателя.
6. Записать выражение для мощности излучения элементарного электрического излучателя.
7. Изобразить диаграмму направленности диполя Герца.

8. Записать выражение для сопротивления излучения элементарного магнитного излучателя.
9. Изобразить диаграмму направленности элемента Гюйгенса.
10. Указать связь между распределением тока по антенне и диаграммой направленности.

Задания по теме № 3 «Направляющие структуры СВЧ**»**

Домашнее задание №2

1. Решить задачи 1 – 22 из раздела №6 сборника задач «Электромагнитные поля и волны Ч.2». – ЯрГУ, 2010» (Артёмова Т.К., Тимофеев В.А., Караван О.В. / ЯрГУ, 2010), рекомендованного в списке литературы.

Тест №3 (10 баллов):

1. Дать определение направляющих структур на СВЧ.
2. Провести классификацию направляющих структур на СВЧ.
3. Провести классификацию классов волн в направляющих структурах на СВЧ.
4. Постановка задачи определения поля для полого волновода.
5. Дать определение критической длины волны.
6. Сформулировать приближения применяемые при выводе структуры поля прямоугольного волновода.
7. Сформулировать основные этапы решение задачи определения поля для ТЕ (Н)-волн в волноводе.
8. Указать основную моду прямоугольного волновода.
9. Перечислить режимы работы волноводов.
10. Объяснить основные причины потери энергии в волноводах.

Задания по теме № 4 «Резонаторы**»**

Домашнее задание №3

1. Решить задачи 1 – 11 из раздела №7 сборника задач «Электромагнитные поля и волны Ч.2». – ЯрГУ, 2010» (Артёмова Т.К., Тимофеев В.А., Караван О.В. / ЯрГУ, 2010), рекомендованного в списке литературы.

Тест №4 (10 баллов):

1. Дать определение резонатора.
2. Привести классификацию резонаторов.
3. Привести примеры применения резонаторов на СВЧ.
4. Записать общее выражение для резонансных частот объёмных резонаторов.
5. Сформулировать основные этапы решение задачи определения поля в прямоугольном резонаторе.
6. Сформулировать приближения применяемые при выводе структуры поля в прямоугольном резонаторе.
7. Записать выражение для резонансных частот прямоугольного резонатора.
8. Указать основную моду прямоугольного резонатора.
9. Записать выражение для резонансных частот круглого резонатора.
10. Объяснить основные причины потери энергии в резонаторах.

Расчётная работа
«Исследование характеристик прямоугольных и круглых волноводов»

Для прямоугольного и круглого волноводов с параметрами, заданными таблице 1 (в соответствии с номером варианта) выполните следующие задания:

- перечислите существующие моды;
- укажите основную моду лектрического и магнитного типа, основную моду волновода;

- для каждой моды найдите:
  – критическую частоту ($f_{кр}$), критическую длину волны ($\lambda_{кр}$), длину волны в волноводе ($\Lambda_в$);
  – фазовую скорость ($v_ф$), групповую скорость ($v_{гр}$);
  – волновое сопротивление поля класса Н (Z_B^{TE}), волновое сопро-тивление поля класса Е (Z_B^{TM});
  – среднюю за период мощность, переносимую модой ($P_{ср}$);
  – погонное затухание моды, обусловленное потерями в металле;
  – укажите характер поляризации (в общем случае) для каждой моды, как по электрическому, так и о магнитному полю;
- для основной моды каждого класса поля получите выражения для полной векторной структуры;
- для основной моды каждого класса поля изобразите картину силовых линий во всех сечениях, а также токи на всех стенках.

Таблица 1

№ варианта	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
a, мм	15	20	25	30	35	15	20	25	30	35
b, мм	10	12	14	16	18	10	12	14	16	18
r, мм	15	20	25	30	35	15	20	25	30	35
ε при ($\mu = 1$)	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5
fг, ГГц	20	21	22	23	24	20	21	22	23	24

Контрольная работа

№ 1. (2 балла) Амплитуда переменного тока частоты 100 МГц в элементарном электрическом диполе длины 1 см равна 1 мА. Определите величины напряжённостей электрической и магнитной составляющей электромагнитного поля диполя на расстоянии 1 км от диполя в направлении максимального излучения..

№ 2. (2 балла) Определите мощность излучения элементарного электрического диполя с $l/\lambda = 0{,}1$, создающего в воздухе на расстоянии 10 км в направлении максимального излучения напряжённость электрического поля 10 мВ/м.

№ 3. (4 балла) Определите границы дальней и ближней зон для следующих антенн: а) линейной антенны длиной 1 м, работающей на частоте 450 МГц; б) электрического диполя длиной 0,1 м, работающего на частоте 100 МГц; в) зеркальной параболической антенны с диаметром зеркала, равным длине волны, на частоте 5 ГГц; г) рупорной антенны с раскрывом 0,1×0,1 м для длины волны 5 см.

№ 4. (2 балла) Определить размеры поперечного сечения квадратного волновода, в котором при частоте 4 ГГц может распространяться лишь низшая волна электрического типа.

№ 5. (2 балла) Определить критическую длину волны, критическую частоту и длину волны в прямоугольном волноводе для волны типа E_{11}. Размеры поперечного сечения 4×3 см. Частота колебаний 10 ГГц.

№ 6. (2 балла) Определить характеристическое сопротивление волны типа H_{10} в прямоугольном волноводе сечением 72×34 мм при частоте колебаний 3 ГГц

№ 7. (3 балла) Какой тип колебаний является основным в прямоугольном резонаторе с размерами $a=2$ см, $b=4$ см, $l=3$ см? Определить его резонансную частоту. Какой тип колебаний является ближайшим высшим? Найти его резонансную частоту.

1.2 Список вопросов и (или) заданий для проведения промежуточной аттестации

Список вопросов к экзамену:

1. Постановка задачи электродинамики.
2. Уравнения Максвелла в дифференциальной форме, их физический смысл, уравнения Максвелла в форме комплексных амплитуд.
3. Полная система уравнений электродинамики.
4. Классификация задач электродинамики.
5. Элементарный электрический излучатель: постановка задачи, поле в дальней зоне.
6. Элементарный электрический излучатель: сопротивление излучения, мощность излучения, коэффициент направленного действия.
7. Элементарный магнитный излучатель: постановка задачи, поле в дальней зоне.
8. Элементарный магнитный излучатель: сопротивление излучения, мощность излучения.
9. Сравнение эффективности элементарного электрического и магнитного излучателей.
10. Синтез электрически длинных линейных излучателей, связь распределения тока по длине линейной антенны с создаваемым ею полем в дальней зоне.
11. Зоны излучения: постановка задачи, этапы решения.
12. Зоны излучения: ближняя зона, характеристики ближней зоны.
13. Зоны излучения: зона Френеля, характеристики зоны Френеля.
14. Зоны излучения: дальняя зона, характеристики дальней зоны.
15. Лемма Лоренца, принцип взаимности, примеры их использования.
16. Направляющие системы: классификация, типы волн.
17. Структура электромагнитной волны в направляющей системе.
18. Прямоугольный волновод: постановка задачи, классификация типов волн.
19. Прямоугольный волновод: этапы решения.
20. Прямоугольный волновод с волнами класса E: волновое сопротивление, фазовая и групповая скорости, низшая мода.
21. Прямоугольный волновод с волнами класса H: волновое сопротивление, фазовая и групповая скорости, низшая мода.
22. Основная мода прямоугольного волновода: структура поля.
23. Параметры основной моды прямоугольного волновода: критическая частота, критическая длина волны, продольная компонента волнового вектора, длина волны в волноводе.
24. Параметры основной моды прямоугольного волновода: фазовая скорость, групповая скорость, волновое сопротивление.
25. Мощность переносимая основной модой прямоугольного волновода.
26. Коэффициент затухания в прямоугольном волноводе, вызванное поглощением в металле.

Правила выставления оценки на экзамене.

Изучение дисциплины заканчивается экзаменом. Во время подготовки к экзамену предусмотрена групповая консультация.

Экзаменационный билет состоит из одного теоретического вопроса и одной задачи по материалам курса.

1. Теоретический вопрос в экзаменационном билете оценивается в 3 балла:
   - 3 балла, если вопрос раскрыт более чем на 90% от требуемого объёма. При этом студент демонстрирует глубокое и полное владение содержанием материала и понятийным аппаратом технической электродинамики; осуществляет межпредметные связи; умеет связывать теорию с практикой. Дает развернутые, полные и четкие ответы на вопрос билета и дополнительные вопросы, соблюдает логическую последовательность при изложении материала. Грамотно использует терминологию технической электродинамики.
   - 2 балла, если вопрос раскрыт более чем на 70%, но менее, чем на 90% от требуемого объёма. При этом ответ в целом соответствуют указанным выше критериям, но отличается меньшей обстоятельностью, глубиной, обоснованностью и полнотой. В ответе имеют место отдельные неточности (несущественные ошибки), которые исправляются самим студентом после дополнительных и (или) уточняющих вопросов экзаменатора.
   - 1 балл, если вопрос раскрыт более чем на 50%, но менее чем на 70% от требуемого объёма. При этом студент демонстрирует умение выделить существенные и несущественные признаки и установить причинно-следственные связи. Ответы излагается в терминах технической электродинамики, но допускаются ошибки в определении и раскрытии некоторых основных понятий, формулировке положений, которые студент затрудняется исправить самостоятельно. При аргументации ответа студент не обосновывает свои суждения. На часть дополнительных вопросов студент затрудняется дать ответ или дает неверные ответы.
2. Задача в экзаменационном билете оценивается в 2 балла:
   - 1 балл, если верно обозначен подход к решению задачи (корректно выбран метод, выписаны основные формулы), но не приведено окончательное решение, или в приведённом решении присутствуют ошибки.
   - 2 балла, если задача решена полностью верно.

Оценка за экзамен складывается из оценки за домашние задания, оценки за контрольную работу, оценки за лабораторные работы, оценки за ответы на вопросы на экзамене.

Баллы / Вид деятельности	«1»	«2»	«3»
Расчётное задание	Пройдено с оценкой «удовлетворительно».	Пройдено с оценкой «хорошо.	Пройдено с оценкой «отлично».
Тесты	Суммарный балл за тесты не ниже 30%.	Суммарный балл за тесты не ниже 50%.	Суммарный балл за тесты не ниже 70%.
Контрольная работа	Суммарный балл за контрольную работу не ниже 30%.	Суммарный балл за контрольную работу не ниже 50%.	Суммарный балл за контрольную работу не ниже 70%.

Итоговая оценка высчитывается исходя из суммарного балла по всем видам работ, определяемого по следующему правилу: к оценкам за теоретический вопрос и задачу в

экзаменационном билете суммируются баллы за контрольную работу и тесты с коэффициентами 2/5 и баллы за расчётное задание с коэффициентом 1/5.

В результате для получения оценки «отлично» необходимо, чтобы суммарный балл был не ниже 9, для получения оценки «хорошо» – не ниже 7, для получения оценки «удовлетворительно» – не ниже 5.

Приложение №2 к рабочей программе дисциплины
«Техническая электродинамика»

Методические указания для студентов по освоению дисциплины

Основной формой занятий по дисциплине «Техническая электродинамика» являются лекции и практические занятия. На лекциях излагается необходимый минимум теоретических сведений, ставятся вопросы, на которые надо найти ответ самостоятельно, даются рекомендации по побору литературы, даются отсылки к нормативной базе. Теоретический материал представляет собой компиляцию из огромного количества источников, поэтому материал, законспектированный на лекциях, необходимо дома еще раз прорабатывать и дополнять информацией, полученной из учебной и научной литературы.

На практических занятиях отрабатываются полученные знания, разбираются практические ситуации, приобретаются практические знания по работе с реальным оборудованием.

Для успешного освоения дисциплины обязательно выполнение всех домашних заданий, они являются формой текущей аттестации. В качестве заданий для самостоятельной работы дома предлагаются задания, аналогичные разобранным на практических занятиях или немного более сложные, которые являются результатом объединения нескольких базовых заданий. Некоторые задания относятся к категории заданий повышенной сложности, они подразумевают применение вычислительной техники с математическими пакетами, например, Matematica, MathCad, MATLAB, R, Stetistica или их бесплатных, свободно распространяемых аналогов, например, Octave, SciLAB, FreeMat и других или онлайн-вычислений (пользуйтесь любым удобным Вам способом). По окончании практического курса проводится контрольная работа, включающая в себя задания, интегрирующие множество мелких освоенных задач в один расчётный проект.