

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета

_____ Страхов С.Ю.

« ____ » _____ 20 ____

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ЭЛЕКТРОДИНАМИКА И РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН

Направление/специальность подготовки	11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы
Специализация/профиль/программа подготовки	Радиоэлектронные комплексы автономных транспортных платформ
Уровень высшего образования	Специалитет
Форма обучения	Очная
Факультет	И Информационные и управляющие системы
Выпускающая кафедра	И4 РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
Кафедра-разработчик рабочей программы	И4 РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
3	5	4	144	68	34	17	17	76	0	0	76	диф. зач.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)

11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

год набора группы: 2026

Программу составил:

Кафедра И4 РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
Страхов Сергей Юрьевич, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой

Программа рассмотрена
на заседании кафедры-разработчика
рабочей программы **И4 РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ**

Заведующий кафедрой Сотникова Н.В., к.т.н., доц.

Программа рассмотрена
на заседании выпускающей кафедры

И4 РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Заведующий кафедрой Сотникова Н.В., к.т.н., доц.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ЭЛЕКТРОДИНАМИКА И РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН**

Разделы рабочей программы

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Приложения к рабочей программе дисциплины

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПК-3 — Способен использовать современные пакеты прикладных программ для схемотехнического моделирования аналоговых и цифровых устройств, устройств сверхвысоких частот (СВЧ) и антенн

ОПК-1 — Способен представить адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики

ОПК-2 — Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и применять соответствующий физико-математический аппарат для их формализации, анализа и принятия решения

ОПК-4 — Способен проводить экспериментальные исследования и владеть основными приемами обработки и представления экспериментальных данных

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ПК-3

знания:

знать современные программные средства для обработки и визуализации экспериментальных данных (MATLAB, Python, Excel, специализированные САПР);

умения:

уметь разрабатывать методику эксперимента с учетом поставленных задач;

навыки:

способность формулировать выводы на основе экспериментальных данных и предлагать пути оптимизации исследований.

ОПК-1

знания:

Знание основных физических законов, связанных с теорией электромагнитного поля;

умения:

Умение применить физические законы для количественного описания основных явлений, связанных с электромагнитным полем и распространением радиоволн;

навыки:

Расчет основных параметров электромагнитного поля при распространении через различные среды, расчет энергетического бюджета радиолинии.

ОПК-2

знания:

Знание физико-математический аппарат для решения задач электродинамики;

умения:

Умение применять физико-математический аппарат для решения задач электродинамики;

навыки:

Навык решения задач электродинамики.

ОПК-4

знания:

Знание основных принципов, методов и средств экспериментального моделирования распространения электромагнитных волн в открытом пространстве в волноводах;

умения:

Умение пользоваться средствами радиоизмерений;

навыки:

Расчет основных параметров электромагнитного излучения и характеристик радиолинии по результатам экспериментальных исследований.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ЭЛЕКТРОДИНАМИКА И РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ФИЗИКА, ЭЛЕКТРОННЫЕ И МИКРОЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен представить адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики
- ОПК-2 — Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и применять соответствующий физико-математический аппарат для их формализации, анализа и принятия решения
- ОПК-3 — Способен к логическому мышлению, обобщению, прогнозированию, постановке исследовательских задач и выбору путей их достижения, освоению работы на современном измерительном, диагностическом и технологическом оборудовании, используемом для решения различных научно-технических задач в области радиоэлектронной техники и информационно-коммуникационных технологий
- ОПК-4 — Способен проводить экспериментальные исследования и владеть основными приемами обработки и представления экспериментальных данных
- ОПК-6 — Способен учитывать существующие и перспективные технологии производства радиоэлектронной аппаратуры при выполнении научно-исследовательской и опытно-конструкторских работ

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 ч.

3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме				Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %			
				ВСЕГО	Лекции	Лабораторный практикум	Практические занятия		ПК-3	ОПК-1	ОПК-2	ОПК-4
3	5	Раздел 1. Введение. Задачи и содержание дисциплины. Основные термины и определения.	20	4	4	0	0	16	10	10	10	10
3	5	Раздел 2. Теория электромагнитных волн. Основные положения теории электромагнетизма. Векторы электромагнитного поля. Макроскопическая электродинамика. Сводка уравнений Максвелла. Уравнения Максвелла для монохроматических колебаний. Комплексные амплитуды полей. Комплексная диэлектрическая проницаемость. Угол диэлектрических полей. Уравнения Гельмгольца. Волновой характер электромагнитного поля. Энергетические соотношения в электромагнитном поле. Теорема Пойнтинга. Общие сведения о волновых процессах. Однородная плоская электромагнитная волна с линейной поляризацией. Сферические и цилиндрические волны. Фазовая скорость и постоянная затухания плоских волн в различных средах. Плоские электромагнитные волны с вращающейся поляризацией. Граничные условия для векторов электромагнитного поля. Электродинамические основы излучения электромагнитных волн. Постановка задачи излучения. Векторный и скалярный потенциалы. Калибровка потенциалов. Неоднородное уравнение Гельмгольца и его решение. Элементарные излучатели. Элементарный электрический излучатель. Составляющие полей в ближней и дальней зонах излучения. Диаграмма направленности, мощность и сопротивление излучения. Элементарный магнитный излучатель. Принцип перестановочной двойственности. Составляющие полей, диаграмма направленности и проводимость элементарного щелевого излучателя. Излучение элементарной рамки с током. Излучение элементарной площадки (излучатель Гюйгенса).	43	23	10	0	13	20	30	30	30	30
3	5	Раздел 3. Основы распространения волн по естественным трассам. Поле излучателя, находящегося в свободном пространстве. Область пространства, существенная при распространении радиоволн. Распространение земных радиоволн (ЗР). Классификация случаев распространения ЗР. Поле направленного излучателя, поднятого над плоской земной поверхностью. Интерференционный множитель ослабления. Отражение радиоволн на границе раздела двух сред. Вертикальный вибратор. Горизонтальный вибратор. Интерференционная формула Введенского. Учет сферичности земной поверхности при использовании интерференционными формулами. Поле направленного излучателя, поднятого над поверхностью Земли. Случай неровной и неоднородной земной поверхности. Распространение УКВ в пределах большого города. Расчет напряженности электрического поля в зоне тени (дифракция). Тропосфера и ее влияние на распространение радиоволн. Состав и строение тропосферы. Диэлектрическая проницаемость и коэффициент преломления тропосферы. Затухание напряженности поля радиоволн в тропосфере. Рефракция радиоволн в тропосфере. Эквивалентный радиус земного шара. Различные виды тропосферной рефракции. Распространение УКВ на большие расстояния в условиях сверхрефракции и путем рассеяния на неоднородностях тропосферы. Ионосфера и ее влияние на распространение радиоволн. Причины образования ионосферы. Экспериментальные данные о строении ионосферы. Нерегулярные явления в ионосфере. Диэлектрическая проницаемость ионизированного газа без учета потерь. Учет влияния ионов. Диэлектрическая проницаемость и проводимость ионизированного газа. Учет столкновения с ионами и нейтральными молекулами. Поглощение радиоволн и нелинейные явления в ионизированном газе. Преломление и отражение радиоволн в ионосфере. Особенности распространения длинных, средних, коротких и УК волн. Особенности распространения радиоволн оптического и инфракрасного диапазонов.	30	10	10	0	0	20	25	25	25	25
3	5	Раздел 4. Распространение направляемых радиоволн. Граничные условия для векторов электромагнитного поля. Падение плоских волн с параллельной и перпендикулярной поляризацией на идеально проводящую плоскую поверхность на диэлектрическое полупространство. Классификация направляемых волн. Фазовая скорость направляемых волн. Двухплоскостной волновод. Типы волн. Критическая длина волны. Волноводные линии передачи. Прямоугольный металлический волновод. Круглый и эллиптический волноводы. Диэлектрические волноводы. Линии передачи с волнами ТЕМ. Общая характеристика линий передачи с волнами ТЕМ. Двухпроводная линия передачи. Коаксиальная линия передачи. Полосковые и микрополосковые линии передачи. Щелевые линии передачи. Копланарный волновод. Линии передачи поверхностных волн. Диэлектрические волноводы.	51	31	10	17	4	20	35	35	35	35
Всего за 5 семестр			144	68	34	17	17	76	100	100	100	100
Всего по дисциплине			144	68	34	17	17	76	100	100	100	100

3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 2. Теория электромагнитных волн.	Исследование прямоугольного волновода в программной среде Ansys HFSS	4
2		Исследование диаграммы направленности антенны на примере симметричного вибратора в программной среде Ansys HFSS	4
3		Исследование диаграммы направленности антенны на примере рупорной антенны в программной среде Ansys HFSS	5
4	Раздел 4. Распространение направляемых радиоволн.	Предельное значение мощности, передаваемое при помощи фидерных линий различных типов. Расчет потерь мощности в линиях передачи. Дальность распространения радиоволн.	2

5	Эффективная площадь рассеяния цели. ЭПР эталонных отражателей. Дальность распространения радиоволн.	2
Всего за 5 семестр		17

3.3. Лабораторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного практикума	Объем, ауд. часов
1	Раздел 4. Распространение направляемых радиоволн.	Измерение напряженности электромагнитного поля сигналов с использованием селективного микровольтметра RFT SMV 6.5 с антенным модулем RFT FMA 6.2	3
2		Определение полного сопротивления нагрузок	3
3		Измерение модуля коэффициента отражения плоских образцов	3
4		Исследования радиолинии передачи сигналов	3
5		Калибровка детекторной головки измерительной линии	2
6		Измерение параметров СВЧ-тракта с использованием измерительной линии	3
Всего за 5 семестр			17

3.4. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Введение.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц раздела 1 с использованием рекомендуемой литературы	16
2	Раздел 2. Теория электромагнитных волн.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц раздела 2 с использованием рекомендуемой литературы; Подготовка к практическим занятиям	20
3	Раздел 3. Основы распространения волн по естественным трассам.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц раздела 3 с использованием рекомендуемой литературы	20
4	Раздел 4. Распространение направляемых радиоволн.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц раздела 4 с использованием рекомендуемой литературы; Подготовка к практическим и лабораторным занятиям	20
Всего за 5 семестр			76

4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
5	ТекК	ТекК	ТекК	ДР	ЛР, Отч. по ПЗ	ЛР, Отч. по ПЗ	ДР	ТекК	Отч. по ПЗ	ТекК	ДР	ТекК	ДР	ТекК	ДР	ТекК	ДР

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ТекК – вопросы для текущего контроля;
- ЛР – лабораторная работа;
- Отч. по ПЗ – отчет по практическому заданию;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- вопросы для текущего контроля;
- лабораторная работа;
- отчет по практическому заданию.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. Н. Флёров, С. Ю. Страхов, А. А. Флёрова. . Электродинамика и распространение радиоволн. СПб.: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2023, 36 экз.
2. А. Н. Флёров, С. Ю. Страхов, А. А. Флёрова. . Электродинамика и распространение радиоволн. СПб.: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2023, эл. рес.
3. В. И. Вольман, Ю. В. Пименов. . Техническая электродинамика. М.: Связь, 1971, 9 экз.
4. В. П. Смолин, В. В. Смирнов, О. В. Свешников. . Электродинамика и распространение радиоволн. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2010, 165 экз.
5. Д. Ю. Муромцев, Ю. Т. Зырянов, П. А. Федюнин. . Электродинамика и распространение радиоволн. Санкт-Петербург: Лань, 2022, эл. рес.
6. Е. И. Нефёдов. . Техническая электродинамика. М.: Академия, 2008, 16 экз.
7. Л. А. Потапов. . Электродинамика и распространение радиоволн. Москва: Юрайт, 2020, эл. рес.

5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

5.3. Периодические издания:

1. Радиотехника – XXI век.

5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. <http://library.voenmeh.ru> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
2. <http://urait.ru> — Образовательная платформа «Юрайт». Для вузов и ссузов.;
3. <http://e.lanbook.com> — ЭБС Лань.

Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;
- <http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457 - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/>- КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

5.5. Программное обеспечение:

не требуется.

5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Лекционные занятия:

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

6.2. Практические занятия:

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

6.3. Лабораторные занятия:

1. Стенд для измерения модуля коэффициента отражения плоских образцов;
2. Стенд для определения полных сопротивлений нагрузок и согласований их с линией передачи.

6.4. Прочее:

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

Аннотация рабочей программы

Дисциплина **ЭЛЕКТРОДИНАМИКА И РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы*. Дисциплина реализуется на факультете И Информационные и управляющие системы БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой И4 РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ.

Дисциплина нацелена на формирование компетенций:

ПК-3 Способен использовать современные пакеты прикладных программ для схемотехнического моделирования аналоговых и цифровых устройств, устройств сверхвысоких частот (СВЧ) и антенн;
ОПК-1 Способен представить адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики;
ОПК-2 Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и применять соответствующий физико-математический аппарат для их формализации, анализа и принятия решения;
ОПК-4 Способен проводить экспериментальные исследования и владеть основными приемами обработки и представления экспериментальных данных.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с теорией электромагнитных волн и физическими основами распространение радиоволн в различных средах.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- вопросы для текущего контроля;
- лабораторная работа;
- отчет по практическому заданию.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **4 з.е., 144 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), практические занятия (**17 ч.**), лабораторный практикум (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**76 ч.**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 144 ч., из них 68 ч. аудиторных занятий, и 76 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
Раздел 1. Введение.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц раздела 1 с использованием рекомендуемой литературы	А. Н. Флёров, С. Ю. Страхов, А. А. Флёрова. . Электродинамика и распространение радиоволн: СПб.: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2023 (все) Е. И. Нефёдов. . Техническая электродинамика: М.: Академия, 2008 (все)	16
Итого по разделу 1		16
Раздел 2. Теория электромагнитных волн.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц раздела 2 с использованием рекомендуемой литературы; Подготовка к практическим занятиям	В. И. Вольман, Ю. В. Пименов. . Техническая электродинамика: М.: Связь, 1971 (все) Д. Ю. Муромцев, Ю. Т. Зырянов, П. А. Федюнин. . Электродинамика и распространение радиоволн: Санкт-Петербург: Лань, 2022 (все) В. П. Смолин, В. В. Смирнов, О. В. Свешников. . Электродинамика и распространение радиоволн: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2010 (все)	20
Итого по разделу 2		20
Раздел 3. Основы распространения волн по естественным трассам.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц раздела 3 с использованием рекомендуемой литературы	Е. И. Нефёдов. . Техническая электродинамика: М.: Академия, 2008 (все)	20
Итого по разделу 3		20
Раздел 4. Распространение направляемых радиоволн.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц раздела 4 с использованием рекомендуемой литературы; Подготовка к практическим и лабораторным занятиям	А. Н. Флёров, С. Ю. Страхов, А. А. Флёрова. . Электродинамика и распространение радиоволн: СПб.: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2023 (все) Л. А. Потапов. . Электродинамика и распространение радиоволн: Москва: Юрайт, 2020 (все) А. Н. Флёров, С. Ю. Страхов, А. А. Флёрова. . Электродинамика и распространение радиоволн: СПб.: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2023 (все)	20
Итого по разделу 4		20

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- вопросы для текущего контроля;
- отчет по практическому заданию;
- лабораторная работа;
- дифференцированный зачет.

Критерии оценивания

Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

Вопросы для текущего контроля

После каждой лекции студенты должны ответить на 5 вопросов (тест). Перечень вопросов приведен в УМК дисциплины

Отчет по практическому заданию

Отчет по практическому заданию представляется в печатном или электронном виде в формате, предусмотренном шаблоном. Отчет оформляется в соответствии с указаниями из описания к практической работе; содержит все необходимые расчеты и графические материалы, выводы по работе. Защита отчета проходит в форме доклада обучающегося по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя (из списка контрольных вопросов).

В случае если оформление отчета и поведение обучающегося во время защиты соответствуют указанным требованиям, работа считается успешно выполненной.

Основания для дополнительных вопросов преподавателя на понимание темы выполненного практического задания:

- небрежное выполнение;
- низкое качество графического материала (неверный выбор масштаба чертежей, отсутствие указания единиц измерения на графиках),

Отчет не может быть принят и подлежит доработке в случае:

- отсутствия необходимых разделов;
- отсутствия необходимого графического материала;
- некорректной обработки результатов.

Лабораторная работа

Допуск к ЛР. Допуск к выполнению ЛР происходит при условии наличия у обучающегося печатной версии протокола по лабораторной работе. Протокол содержит титульный лист, описание лабораторной работы, чертежи схемы для сборки и исследования, таблицы для заполнения данными, заготовки для построения графиков.

Отчет по ЛР. Отчет по лабораторной работе представляется в печатном виде в формате, предусмотренном шаблоном отчета по лабораторной работе. Отчет оформляется на основании протокола о выполнении ЛР, содержит (помимо информации из протокола) все необходимые расчеты и построенные графики, ответы на контрольные вопросы, выводы по работе. Защита отчета проходит в форме доклада обучающегося по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя.

В случае если оформление отчета и поведение обучающегося во время защиты соответствуют указанным требованиям, обучающийся получает максимальное количество баллов (по пятибалльной системе).

Основаниями для снижения количества баллов в диапазоне от 1 до 2 являются:

- небрежное выполнение;
- низкое качество графического материала (неверный выбор масштаба чертежей, отсутствие указания единиц измерения на графиках),

Отчет не может быть принят и подлежит доработке в случае:

- отсутствия необходимых разделов;
- отсутствия необходимого графического материала;
- некорректной обработки результатов измерений

Дифференцированный зачет

На дифференцированном зачете студенту предлагается тест из 10 вопросов. Тест считается пройденным успешно, если студент правильно ответил на 6 (или более) из 10 предложенных вопросов. При правильном ответе на 6 вопросов выставляется оценка «Удовлетворительно», при правильном ответе на 8 вопросов выставляется оценка «Хорошо», при правильном ответе на 10 вопросов выставляется оценка «Отлично».

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме				Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %				НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Лабораторный практикум	Практические занятия		ПК-3	ОПК-1	ОПК-2	ОПК-4	
3	5	Раздел 1. Введение.	20	4	4	0	0	16	10	10	10	10	Вопросы для текущего контроля
3	5	Раздел 2. Теория электромагнитных волн.	43	23	10	0	13	20	30	30	30	30	Отчет по практическому заданию, Вопросы для текущего контроля
3	5	Раздел 3. Основы распространения волн по естественным трассам.	30	10	10	0	0	20	25	25	25	25	Вопросы для текущего контроля
3	5	Раздел 4. Распространение направляемых радиоволн.	51	31	10	17	4	20	35	35	35	35	Вопросы для текущего контроля, Лабораторная работа
Всего за 5 семестр			144	68	34	17	17	76	100	100	100	100	
Всего по дисциплине			144	68	34	17	17	76	100	100	100	100	

ПК-3 - Способен использовать современные пакеты прикладных программ для схемотехнического моделирования аналоговых и цифровых устройств, устройств сверхвысоких частот (СВЧ) и антенн

№ 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Определить потери в радиолинии (в дБ), находящейся в свободном пространстве, если коэффициент направленного действия передающей антенны $D_1=3$, приемной антенны $D_2=4$, расстояние между приемной и передающей антеннами $r=5$ км. Передача данных осуществляется на длине волны $\lambda=2$ см.

При размещении данной линии вблизи поверхности Земли потери возросли на 7,9 дБ. Определить множитель ослабления вблизи поверхности Земли.

№ 2 Прочитайте текст и установите последовательность

Расположите в порядке уменьшения длины волны типы радиоволн

- А) Декаметровые
- В) Сантиметровые
- С) Километровые
- Д) Миллиметровые

№ 3 Прочитайте текст и установите последовательность

Установите последовательность этапов расчета потерь в свободном пространстве

- А) Вычисление $20\log(d)$
- В) Определение частоты сигнала
- С) Суммирование всех компонентов
- Д) Вычисление $20\log(f)$

№ 4 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Что такое зона Френеля в радиосвязи?

- А) Область тропосферного рассеяния
- В) Эллипсоидная зона вокруг линии прямой видимости
- С) Зона ионосферного отражения
- Д) Область максимального поглощения радиоволн

№ 5 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Какой диапазон используется для тропосферной связи?

- А) СДВ (3-30 кГц)
- В) ДВ (30-300 кГц)
- С) УКВ (30-300 МГц)
- Д) КВ (3-30 МГц)

№ 6 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Определить действующее значение напряженности электрического поля в точке В, если источник радиоволн – изотропный излучатель с мощностью $P=1$ кВт, расположенный в точке А на расстоянии $r=2$ км от точки В. Точки А и В расположены в свободном пространстве.

Какой коэффициент направленного действия D должен быть у передающей антенны в точке А, чтобы повысить действующее значение напряженности электрического поля в точке В в 3 раза?

Как изменится действующее значение напряженности электрического поля, если точки А и В будут находится вблизи поверхности земли, а совокупное действие факторов от ее влияния будет выражаться множителем ослабления, $F=0,5$?

№ 7 Прочитайте текст и установите соответствие

Соотнесите параметр распространения с его единицей измерения

Параметр	Единица измерения
1. Затухание	А. МГц
2. MUF (Максимально Применимая Частота)	В. дБ/км

Параметр	Единица измерения
3. Напряженность поля	С. мкВ/м
4. Коэффициент преломления	D. Безразмерная величина

№ 8 Прочитайте текст и установите соответствие

Установите соответствие между типом распространения радиоволн и его характеристикой:

Тип распространения	Характеристика
1. Прямая видимость (LOS)	A. Обеспечивает связь на расстояниях 300–800 км за счет неоднородностей тропосферы
2. Поверхностная волна	B. Используется для УКВ- и СВЧ-связи в пределах прямой видимости
3. Ионосферное отражение	C. Характерно для СДВ/ДВ, распространяется вдоль поверхности Земли с малыми потерями
4. Тропосферное рассеяние	D. Позволяет осуществлять дальнюю КВ-связь за счет отражения от слоя F2 ионосферы

№ 9 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Что происходит с радиоволной при входе в область с повышенным коэффициентом преломления?

- A) Ускоряется и отклоняется вверх
- B) Замедляется и отклоняется вниз
- C) Полностью отражается
- D) Поглощается средой

№ 10 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Какие характеристики важны для тропосферного рассеяния?

- A) Частота 30-300 МГц
- B) Требуется прямая видимость
- C) Дальность 300-800 км
- D) Зависит от ионосферы

№ 11 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Какие атмосферные явления ухудшают распространение СВЧ?

- A) Дождь
- B) Туман
- C) Ионосферные бури
- D) Снег

№ 12 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Какие параметры учитывают при расчете потерь в свободном пространстве?

- A) Частота
- B) Расстояние
- C) Мощность передатчика
- D) Коэффициент усиления антенны

ОПК-1 - Способен представить адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики

№ 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Опишите основные механизмы распространения радиоволн в свободном пространстве и их математическое описание

№ 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Определите размеры поперечного сечения прямоугольного волновода (a и b), чтобы в нем распространялась только мода TE₀₁ при длине волны, равной 4 мм. С учетом технологических особенностей производства волновода размеры выбирать кратными 1 мм. В ответе представьте обоснование выбора размеров.

№ 3 Прочитайте текст и установите соответствие

Установите соответствие между диапазоном волн и основным механизмом распространения

Диапазон волн	Механизм распространения
1. СДВ (3-30 кГц)	A. Прямая видимость
2. КВ (3-30 МГц)	B. Ионосферное отражение
3. УКВ (30-300 МГц)	C. Поверхностная волна
4. СВЧ (1-300 ГГц)	D. Тропосферное рассеяние

№ 4 Прочитайте текст и установите соответствие

Соотнесите атмосферные явления с их влиянием на радиоволны

- | Атмосферное явление | Влияние на радиоволны |
|---------------------------|---------------------------|
| 1. Дождь | А. Поглощение ммВ |
| 2. Туман | В. Рефракция в тропосфере |
| 3. Температурная инверсия | С. Усиление УКВ-диапазона |
| 4. Ионосферные бури | Д. Нарушение КВ-связи |
- № 5 Прочитайте текст и установите последовательность
Установите последовательность слоев ионосферы от нижнего к верхнему
- А) Слой F2
В) Слой E
С) Слой D
D) Слой F1
- № 6 Прочитайте текст и установите последовательность
Расположите в правильном порядке этапы распространения КВ через ионосферу
- А) Отражение от слоя F2
В) Излучение передатчиком
С) Возврат на Землю
D) Прохождение через тропосферу
- № 7 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
Какой механизм преобладает при распространении УКВ (30-300 МГц) в городских условиях?
- А) Ионосферное отражение
В) Дифракция на зданиях
С) Поверхностная волна
D) Тропосферное рассеяние
- № 8 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
Что определяет критическую частоту ионосферы?
- А) Угол падения волны
В) Максимальную электронную концентрацию
С) Расстояние между антеннами
D) Мощность передатчика
- № 9 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
Какой диапазон наиболее подвержен влиянию атмосферных осадков?
- А) СДВ (3-30 кГц)
В) КВ (3-30 МГц)
С) УКВ (30-300 МГц)
D) СВЧ (1-300 ГГц)
- № 10 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
Какие из перечисленных факторов влияют на дальность УКВ-радиосвязи?
- А) Высота антенн
В) Влажность воздуха
С) Кривизна Земли
D) Солнечная активность
- № 11 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
Какие механизмы распространения обеспечивают связь за горизонтом?
- А) Прямая видимость
В) Ионосферное отражение
С) Тропосферное рассеяние
D) Поверхностная волна
- № 12 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
Какие явления вызывают замирания (феддинг) радиосигнала?
- А) Многолучевое распространение
В) Атмосферные осадки
С) Вращение Земли
D) Изменения в ионосфере

ОПК-2 - Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и применять соответствующий физико-математический аппарат для их формализации, анализа и принятия решения

- № 1 Прочитайте текст и установите соответствие
Соотнесите тип замираний с его характеристикой

Тип замираний	Характеристика
1. Релеевские	А. Быстрые, вызванные многолучевостью
2. Райсовские	В. Медленные, из-за изменений в атмосфере

Тип замираний	Характеристика
3. Селективные	С. При наличии прямой видимости
4. Медленные	Д. Частотно-избирательные

№ 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Детально опишите процесс ионосферного распространения коротких волн (КВ)

№ 3 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Во сколько раз следует увеличить мощность передатчика РЛС, чтобы при прочих равных условиях увеличить дальность обнаружения ее целей в 1,5 раза?

№ 4 Прочитайте текст и установите соответствие

Установите соответствие между методом и его применением

Метод	Применение
1. Разнесенный прием	А. Борьба с многолучевостью
2. Частотная модуляция	В. Увеличение дальности КВ-связи
3. Ионосферное зондирование	С. Устойчивость к помехам
4. MUF-прогнозирование	Д. Исследование ионосферы

№ 5 Прочитайте текст и установите последовательность

Установите последовательность диапазонов по возрастанию частоты

- А) СДВ
- В) УКВ
- С) КВ
- Д) СВЧ

№ 6 Прочитайте текст и установите последовательность

Расположите в хронологическом порядке этапы развития радиосвязи

- А) Открытие ионосферного распространения
- В) Использование УКВ для телевидения
- С) Первые опыты Герца
- Д) Развитие спутниковой связи

№ 7 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Что такое MUF в ионосферной радиосвязи?

- А) Минимальная частота отражения
- В) Максимальная применимая частота
- С) Модуляционная частота сигнала
- Д) Мощность устойчивого сигнала

№ 8 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Какой слой ионосферы наиболее важен для КВ-связи днем?

- А) Слой D
- В) Слой E
- С) Слой F1
- Д) Слой F2

№ 9 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Что вызывает релеевские замирания в радиоканале?

- А) Изменения солнечной активности
- В) Многолучевое распространение
- С) Атмосферные осадки
- Д) Вращение Земли

№ 10 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Какие параметры радиоволны определяют ее дифракционную способность?

- А) Частота
- В) Амплитуда
- С) Длина волны
- Д) Поляризация

№ 11 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Какие слои ионосферы существуют днем?

- А) Слой D
- В) Слой E
- С) Слой F1
- Д) Слой F2

№ 12 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Какие методы используют для борьбы с замираниями?

- А) Увеличение мощности
- В) Разнесенный прием
- С) Частотное разнесение
- Д) Уменьшение частоты

ОПК-4 - Способен проводить экспериментальные исследования и владеть основными приемами обработки и представления экспериментальных данных

- № 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
Детально разберите факторы, влияющие на дальность УКВ-радиосвязи
- № 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Максимальная дальность обнаружения большого БПЛА с
 ЭПР 10 м^2 у РЛС составляет 120 км. Определить (при
 прочих равных условиях) максимальную дальность
 обнаружения этой РЛС малого БПЛА с ЭПР $0,5 \text{ м}^2$.

- № 3 Прочитайте текст и установите соответствие
Соотнесите антенну с оптимальным диапазоном применения

Антенна	Диапазон
1. Диполь Надененко	А. СДВ
2. Яги-Уда	В. КВ
3. Логопериодическая	С. УКВ
4. Параболическая	Д. СВЧ

- № 4 Прочитайте текст и установите соответствие
Установите соответствие между эффектом и диапазоном волн

Эффект	Диапазон волн
1. Дифракция Френеля	А. УКВ в городах
2. Скин-эффект	В. СДВ в морской воде
3. Эффект Доплера	С. Спутниковая связь
4. Полярное сияние	Д. КВ в полярных регионах

- № 5 Прочитайте текст и установите последовательность
 Установите последовательность ухудшения условий распространения
- А) Чистая атмосфера
 В) Легкий туман
 С) Умеренный дождь
 Д) Сильная гроза
- № 6 Прочитайте текст и установите последовательность
 Расположите в порядке увеличения дальности действия механизмы распространения
- А) Прямая видимость
 В) Тропосферное рассеяние
 С) Поверхностная волна
 Д) Ионосферное отражение
- № 7 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
Какой параметр радиоволны наиболее важен для дифракционного распространения?
- А) Амплитуда
 В) Длина волны
 С) Поляризация
 Д) Скорость распространения
- № 8 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
Какой механизм позволяет осуществлять КВ-связь за горизонтом?
- А) Прямая видимость
 В) Поверхностная волна
 С) Ионосферное отражение
 Д) Тропосферный волновод
- № 9 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
Какой из факторов НЕ оказывает существенного влияния на распространение УКВ?
- А) Рельеф местности
 В) Атмосферные осадки
 С) Состояние ионосферы
 Д) Температура воздуха
- № 10 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Какие диапазоны подходят для спутниковой связи?

- A) СДВ (3-30 кГц)
- B) УКВ (30-300 МГц)
- C) СВЧ (1-300 ГГц)
- D) КВ (3-30 МГц)

№ 11 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Какие факторы влияют на MUF?

- A) Солнечная активность
- B) Время суток
- C) Расстояние между станциями
- D) Мощность передатчика

№ 12 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Какие типы волн используются в КВ-радиосвязи?

- A) Прямая волна
- B) Земная волна
- C) Ионосферная волна
- D) Тропосферная волна