

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ
Директор по образовательной
деятельности

_____ С.Т. Князев
«__» _____

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

Код модуля	Модуль
1149307	Основы формирования, распространения и приема радиосигналов

Екатеринбург

Перечень сведений о рабочей программе модуля	Учетные данные
Образовательная программа 1. Радиотехника	Код ОП 1. 11.03.01/33.01
Направление подготовки 1. Радиотехника	Код направления и уровня подготовки 1. 11.03.01

Программа модуля составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Мительман Юрий Евгеньевич	кандидат технических наук, доцент	Доцент	радиоэлектроники и телекоммуникаций

Согласовано:

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Основы формирования, распространения и приема радиосигналов

1.1. Аннотация содержания модуля

Изучение модуля направлено на формирование у студентов способностей осуществлять моделирование устройств генерирования сигналов, канализации электромагнитных волн, естественных трасс распространения радиоволн, планирование и проведение экспериментов с ними, обработку их результатов, а также осуществлять расчет и проектирование деталей, узлов и устройств формирования радиосигналов в соответствии с техническим заданием. В модуль входят дисциплины: - Электродинамика и распространение радиоволн - Основы формирования и обработки сигналов - Устройства СВЧ и антенны

1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

№ п/п	Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения	Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах
1	Электродинамика и распространение радиоволн	6
2	Основы формирования и обработки сигналов	6
3	Устройства СВЧ и антенны	6
ИТОГО по модулю:		18

1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	<ol style="list-style-type: none">1. Специальные главы математики2. Научно-фундаментальные основы профессиональной деятельности
Постреквизиты и кореквизиты модуля	<ol style="list-style-type: none">1. Моделирование радиотехнических систем2. Автоматизированное проектирование СВЧ-устройств и антенн

1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Таблица 2

Перечень дисциплин модуля	Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
---------------------------	--------------------------------	--

1	2	3
<p>Основы формирования и обработки сигналов</p>	<p>ПК-1 - Способен осуществить модернизацию и техническое сопровождение разработки узлов радиоэлектронных систем</p>	<p>З-6 - Изложить технические требования, предъявляемые к проектируемым функциональным узлам радиоэлектронных систем и радиоэлектронным системам в целом</p> <p>З-8 - Изложить основные принципы функционирования, методы макетирования, технологии изготовления электронных средств и функциональных узлов радиоэлектронных систем</p> <p>У-1 - Определять оптимальные методы электрических испытаний радиоэлектронных систем, измерения режимов работы комплектующих элементов радиоэлектронных систем</p> <p>У-3 - Проверять правильность конструктивных решений, заложенных в конструкторской документации радиоэлектронных систем</p> <p>У-4 - Анализировать входные данные для выполнения расчетов при разработке функциональных узлов радиоэлектронных систем и для разработки документации</p> <p>У-6 - Использовать типовые технические решения функциональных узлов и блоков радиоэлектронных систем для разработки радиоэлектронных систем</p> <p>У-7 - Определять рабочие режимы узлов радиоэлектронных систем</p> <p>У-8 - Оценивать характеристики электрических цепей для разработки функциональных узлов радиоэлектронных систем</p> <p>П-1 - Подготовить отчеты по результатам проведенных расчетов для разработки функциональных узлов радиоэлектронных систем</p> <p>П-2 - Выполнять в соответствии с заданием расчет электрических режимов и условий эксплуатации электронной компонентной базы, параметров и режимов работы функциональных узлов и блоков радиоэлектронных систем</p>

		<p>П-3 - Выполнять в соответствии с заданием расчет функциональных узлов и деталей радиоэлектронных систем по электрическим, геометрическим и технологическим параметрам</p> <p>П-4 - Выполнять в соответствии с заданием разработку узлов радиоэлектронных систем в системах автоматизированного проектирования</p> <p>П-7 - Осуществлять обоснованный выбор отработанных и применяющихся технических решений по разработке радиоэлектронных систем</p> <p>П-9 - Разрабатывать рекомендации по модернизации технических решений радиоэлектронных систем</p>
	<p>ПК-3 - Способен спроектировать и исследовать электронные средства и системы</p>	<p>З-1 - Сделать обзор основных достижений и проблем современной электротехники и электроники, аналоговой и цифровой схемотехники</p> <p>З-8 - Описывать связь между характеристиками аналоговых и цифровых сигналов, аналоговых и цифровых устройств</p> <p>У-1 - Устанавливать последовательность действий при проектировании и тестировании электронного оборудования</p> <p>У-3 - Обобщать передовой отечественный и зарубежный опыт, нормативные правовые акты, справочные материалы для проектирования и изготовления электронных средств и систем</p> <p>У-4 - Анализировать результаты моделирования и тестирования электронных средств и систем</p> <p>П-2 - Разрабатывать рекомендации по обеспечению входного контроля электронных средств и систем</p> <p>П-3 - Выполнять в соответствии с заданием разработку методик испытаний и исследований электронных средств и систем</p> <p>П-4 - Выполнять в соответствии с заданием разработку электронных средств и систем с</p>

		<p>использованием программных средств общего и специального назначения</p> <p>П-5 - Разрабатывать рекомендации по улучшению эффективности использования электронных средств и систем</p>
<p>Устройства СВЧ и антенны</p>	<p>ПК-2 - Способен рассчитать и спроектировать антенно-фидерные устройства</p>	<p>З-1 - Перечислить основные методики математического моделирования элементов антенно-фидерных устройств</p> <p>З-2 - Изложить основные принципы построения электрических схем антенно-фидерных устройств, требования конструкторской документации по проектированию антенно-фидерных устройств</p> <p>З-3 - Перечислить параметры и характеристики основных линий передачи, использующихся при разработке устройств СВЧ и антенн</p> <p>З-4 - Характеризовать методы расчета устройств СВЧ и антенн и экспериментальные методы измерения их характеристик</p> <p>З-5 - Привести примеры конструкций типовых элементов устройств СВЧ и антенн, методов их проектирования и оптимизации</p> <p>З-7 - Сделать обзор методов производства, компьютерного проектирования и моделирования, конструирования, диагностики и измерений электрических параметров антенно-фидерных устройств и их элементов</p> <p>З-8 - Сделать обзор основных достижений и проблем в области проектирования антенно-фидерных устройств</p> <p>У-1 - Анализировать результаты испытаний и измерений электрических характеристик элементов антенно-фидерных устройств</p> <p>У-2 - Выбирать оптимальные средства измерений, экспериментального исследования и наблюдения в области проектирования антенно-фидерных устройств</p>

		<p>У-3 - Идентифицировать высокочастотные соединители при проведении лабораторно-отрабочных испытаний элементов антенно-фидерных устройств</p> <p>У-4 - Анализировать электрические схемы антенно-фидерных устройств, требования технического задания к электрическим характеристикам и исходные данные для расчета и проектирования элементов антенно-фидерных устройств</p> <p>У-5 - Определять оптимальные методы математического и электродинамического моделирования элементов антенно-фидерных устройств, программные средства и современные прикладные программы по расчету элементов антенно-фидерных устройств с учетом характера поставленной задачи</p> <p>П-1 - Создавать и редактировать технические тексты для оформления документации на антенно-фидерные устройства</p> <p>П-2 - Проводить измерения электрических характеристик элементов антенно-фидерных устройств в соответствии с программами и методиками испытаний, схемной документацией</p> <p>П-3 - Осуществлять обоснованный выбор оптимальных методов измерений электрических характеристик элементов антенно-фидерных устройств по критериям повышения достоверности измерений и меньших затрат материальных средств и времени</p> <p>П-4 - Подготовить технический отчет по результатам проводимых испытаний в области проектирования антенно-фидерных устройств</p> <p>П-5 - Выполнять математическое и электродинамическое моделирование элементов антенно-фидерных устройств по типовым методикам</p> <p>П-6 - Выполнять в соответствии с заданием расчет элементов антенно-фидерных устройств с использованием программных</p>
--	--	--

		<p>средств и современных прикладных программ</p> <p>П-8 - Предлагать изменения в конструкторскую документацию на проектируемые антенно-фидерные устройства</p>
<p>Электродинамика и распространение радиоволн</p>	<p>ПК-2 - Способен рассчитать и спроектировать антенно-фидерные устройства</p>	<p>З-9 - Изложить основные законы и уравнения электромагнитных полей и волн, излучения электромагнитных волн</p> <p>З-10 - Классифицировать материалы антенно-фидерных устройств по их электродинамическим параметрам</p> <p>З-11 - Описывать электромагнитные поля и волны в неограниченных средах, на границе раздела сред, в линиях передачи и объемных резонаторах</p> <p>З-12 - Объяснять стандартные модели распространения радиоволн в свободном пространстве и на естественных трассах</p> <p>У-9 - Формулировать законы и уравнения электромагнитного поля для расчета его характеристик, электродинамических параметров сред, характеристик линий передачи, распространения радиоволн</p> <p>У-10 - Выбирать адекватные модели распространения радиоволн для расчета их характеристик с учетом требований задания</p> <p>П-11 - Осуществлять обоснованный выбор методов расчета характеристик радиоволн в неограниченных средах, на границе раздела сред, в линиях передачи и объемных резонаторах, на естественных трассах</p> <p>П-12 - Иметь практический опыт экспериментального исследования характеристик направляющих систем</p>

1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной и заочной формах.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Электродинамика и распространение
радиоволн

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Мительман Юрий Евгеньевич	кандидат технических наук, доцент	Доцент	радиоэлектроники и телекоммуникаци й

Рекомендовано учебно-методическим советом института Радиоэлектроники и информационных технологий - РТФ

Протокол № 7 от 11.10.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Мительман Юрий Евгеньевич, Доцент, радиоэлектроники и телекоммуникаций

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- С применением электронного обучения на основе электронных учебных курсов, размещенных на LMS-платформах УрФУ
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания; Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.*

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
1	Общие сведения о волновых процессах	Упругие и электромагнитные волны. Распределение волн по частоте. Гармоническая волна и ее параметры. Волновые явления
2	Векторы электромагнитного поля. Параметры и классификация сред	Векторы электромагнитного поля. Материальные уравнения электромагнитного поля. Классификация сред.
3	Основные уравнения электромагнитного поля	Уравнения Максвелла. Система уравнений электромагнитного поля. Система уравнений монохроматического электромагнитного поля. Уравнение баланса мгновенных значений мощностей в электромагнитном поле. Уравнение баланса мощностей в монохроматическом электромагнитном поле. Скорость распространения электромагнитной энергии. Граничные условия для векторов электромагнитного поля на поверхности раздела сред.
4	Плоские электромагнитные волны в однородной изотропной среде	Волновые уравнения. Плоские электромагнитные волны в однородной изотропной среде. Плоские электромагнитные волны в однородной изотропной среде с проводимостью, отличной от нуля. Поляризация электромагнитных волн.

		Плоские волны, распространяющиеся в произвольном направлении.
5	Отражение и преломление электромагнитных волн на границе раздела сред	Падение нормально поляризованной плоской волны на границу раздела двух сред. Падение параллельно поляризованной плоской волны на границу раздела двух сред. Полное прохождение волны во вторую среду. Полное отражение от границы раздела двух сред. Нормальное падение плоской электромагнитной волны на границу раздела сред. Приближенные граничные условия Леонтовича. Мощность потерь в проводниках.
6	Излучение электромагнитных волн в свободном пространстве	Элементарные излучатели. Решение уравнений Максвелла для задач излучения электромагнитных волн. Элементарный электрический излучатель. Элементарный магнитный излучатель. Элемент Гюйгенса.
7	Общие свойства направляемых волн	Направляемые волны в линиях передачи. Уравнения связи между поперечными и продольными составляющими векторов поля направляемых волн. Условие распространения направляемых волн. Параметры направляемых волн. Концепция парциальных волн. Мощность, переносимая электромагнитной волной по линии передачи. Затухание направляемых волн.
8	Прямоугольный металлический волновод	Поле направляемых волн в прямоугольном волноводе. Параметры электрических и магнитных волн в прямоугольном волноводе. Основная волна типа H ₁₀ прямоугольного волновода. Квадратный волновод. Структура поля и поверхностных токов волн разных типов. П-образный и H-образный металлические волноводы.
9	Круглый металлический волновод	Поле направляемых волн в круглом волноводе. Параметры электрических и магнитных волн в круглом волноводе. Волны H ₁₁ , E ₀₁ и H ₀₁ в круглом волноводе: параметры, структура поля и поверхностных токов.
10	Коаксиальные и двухпроводные линии передачи	Поле основной волны в коаксиальной линии передачи. Параметры и структура поля волны T в коаксиальной линии. Двухпроводная линия.
11	Полосковые линии передачи	Несимметричная полосковая линия передачи. Симметричная полосковая линия передачи. Связанные полосковые линии. Щелевые линии.
12	Линии поверхностных волн	Диэлектрические волноводы. Одномодовые и многомодовые оптоволоконные линии.
13	Возбуждение электромагнитных волн в линиях передачи	Основные принципы возбуждения направляемых волн. Возбуждение с помощью электрического вибратора. Возбуждение с помощью магнитного вибратора. Возбуждение с помощью отверстия связи. Трансформаторы типов волн.
14	Объемные резонаторы	Объемные резонаторы в виде отрезков регулярных линий передачи. Резонансная частота и добротность. Прямоугольный объемный резонатор. Цилиндрический объемный резонатор.

		Коаксиальный резонатор. Полосковый резонатор. Проходной резонатор.
15	Распространение радиоволн в свободном пространстве	Классификация радиоволн по способу распространения. Модель распространения радиоволн в свободном пространстве. Область пространства, существенно участвующая в формировании поля в радиолинии.
16	Поле антенн, поднятых над поверхностью Земли, в освещенной зоне	Множитель ослабления напряженности поля на естественных трассах. Распространение земной волны. Электродинамические параметры земной поверхности. Дальность прямой видимости и зоны приема. Двухлучевая модель распространения волн. Расчет поля в освещенной зоне. Множитель ослабления и амплитуда поля в двухлучевой модели.
17	Поле антенн, расположенных непосредственно у поверхности Земли	Излучение и прием волн в диапазонах ДВ, СВ вблизи поверхности Земли. Формула Шулейкина. Дифракционная формула Фока.
18	Распространение радиоволн в условиях пересеченной местности и при наличии препятствий	Учет влияния неровностей местности. Критерий Релея. Открытые, полузакрытые и закрытые трассы. Аппроксимация препятствий телами правильной геометрической формы. Расчет дифракционного поля на одиночном клине. Эффект усиления поля препятствием. Учет кривизны земной поверхности.
19	Распространение радиоволн в тропосфере	Диэлектрическая проницаемость и показатель преломления тропосферы. Рефракция радиоволн в неоднородной тропосфере. Затухание радиоволн в тропосфере. Дальнее тропосферное распространение. Замирания.
20	Распространение радиоволн в ионосфере	Строение ионосферы и ее электродинамические характеристики. Диэлектрическая проницаемость и проводимость ионосферы. Зависимость диэлектрической проницаемости ионосферы от высоты и частоты. Отражение и преломление волн в ионосфере. Критическая, максимальная и предельная частоты. Ослабление радиоволн в ионосфере. Расчет напряженности поля на ВЧ ионосферных радиолиниях. Замирания.
21	Особенности распространения радиоволн по диапазонам	Распространение длинных и сверхдлинных волн. Распространение средних волн. Распространение коротких волн. Распространение ультракоротких волн на наземных радиолиниях. Распространение ультракоротких волн на космических радиолиниях.

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	дистанционное образование целенаправленная	Технология формирования уверенности и	ПК-2 - Способен рассчитать и спроектировать	З-11 - Описывать электромагнитные поля и волны в

	<p>я работа с информацией для использования в практических целях</p> <p>общение в социальных сетях и электронной почте в системах «студент-преподаватель», «группа студентов-преподаватель», «студент-студент», «студент-группа студентов»</p>	<p>готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности</p> <p>Технология самостоятельной работы</p>	<p>антенно-фидерные устройства</p>	<p>неограниченных средах, на границе раздела сред, в линиях передачи и объемных резонаторах</p> <p>У-10 - Выбирать адекватные модели распространения радиоволн для расчета их характеристик с учетом требований задания</p> <p>П-11 - Осуществлять обоснованный выбор методов расчета характеристик радиоволн волн в неограниченных средах, на границе раздела сред, в линиях передачи и объемных резонаторах, на естественных трассах</p>
--	--	---	------------------------------------	--

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Электродинамика и распространение радиоволн

Электронные ресурсы (издания)

1. Боков, Л. А.; Электродинамика и распространение радиоволн : учебное пособие.; Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Томск; 2013; <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=208611> (Электронное издание)
2. Муромцев, Д. Ю.; Техническая электродинамика; Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Тамбов; 2012; <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=277902> (Электронное издание)
3. Банков, С., С.; Электродинамика для пользователей САПР СВЧ : учебник.; СОЛОН-ПРЕСС, Москва; 2017; <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=488333> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Соловьянова, И. П., Соловьянова, И. П., Мительман, Ю. Е.; Электродинамика и распространение радиоволн : учебник для студентов вуза, обучающихся по направлениям подготовки: 11.03.01 - Радиотехника; 11.03.02 - Инфокоммуникационные технологии и системы связи; 11.05.01 - Радиоэлектронные системы и комплексы.; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2020 (20 экз.)
2. Соловьянова, И. П.; Теория волновых процессов. Электромагнитные волны : учеб. пособие.; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2005 (53 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

1. Соловьянова И. П. Расчет и измерение параметров электромагнитных волн в направляющих системах и на естественных трассах : электронное текстовое издание : учебно-методическое пособие для студентов всех форм обучения направлений подготовки 11.03.01 – Радиотехника, 11.03.02 – Инфокоммуникационные технологии и системы связи, специальности 11.05.01 – Радиоэлектронные системы и комплексы / И. П. Соловьянова, Ю. Е. Мительман; [науч. ред. С.Н. Шабунин] ; М-во образования и науки РФ Урал. федеральный ун-т им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, [Ин-т радиоэлектроники и информ. технологий].— Екатеринбург : ЦНОТ ИТОО УрФУ, 2015.— 130 с.— Библиогр. с.: 126. <http://hdl.handle.net/10995/35333>.
2. Электронный учебный курс "Электродинамика и распространение радиоволн" <https://elearn.urfu.ru/course/view.php?id=478>

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. eLibrary ООО Научная электронная библиотека (Режим доступа: свободный)

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Электродинамика и распространение радиоволн

Сведения об оснащении дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

		Проектор с экраном для него	
2	Практические занятия	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
3	Лабораторные занятия	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p> <p>Генератор диапазона 8-12 ГГц (4 шт.)</p> <p>Измерительный усилитель (4 шт.)</p> <p>Коаксиально-волноводные переходы (8 шт.)</p> <p>Лабораторные стенды (4 шт.)</p> <p>Детекторные секции для диапазона 8-12 ГГц (4 шт.)</p>	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
4	Самостоятельная работа студентов	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
5	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p>	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

		Рабочее место преподавателя Персональные компьютеры по количеству обучающихся Подключение к сети Интернет	
--	--	---	--

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Основы формирования и обработки
сигналов

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Лагунов Евгений Владимирович	кандидат технических наук, без ученого звания	Доцент	Департамент радиоэлектроники и связи
2	Марков Юрий Викторович	кандидат технических наук, доцент	Доцент	Департамент радиоэлектроники и связи

Рекомендовано учебно-методическим советом института Радиоэлектроники и информационных технологий - РТФ

Протокол № 7 от 11.10.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Лагунов Евгений Владимирович, Доцент, Департамент радиоэлектроники и связи
- Марков Юрий Викторович, Доцент, Департамент радиоэлектроники и связи

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
1	Общие сведения о радиопередающих устройствах	Место радиопередающего устройства в системе передачи информации. Классификация и технические характеристики радиопередающих устройств различного назначения.
2	Выбор и расчет режимов генераторов с внешним возбуждением	Энергетические характеристики генераторов с внешним возбуждением (ГВВ). Идеализация статических характеристик генераторных приборов. Динамические характеристики. Понятие о напряженности режимов. Расчеты режимов входных и выходных цепей ГВВ. Выбор углов отсечки выходного тока ГВВ. Коэффициенты разложения косинусоидального импульса тока. Нагрузочные характеристики ГВВ.
3	Схемотехника ГВВ	Схемы питания входной и выходной цепей ГВВ. Блокировочные элементы и их расчет. Параллельное и последовательное включение генераторных приборов на общую нагрузку. Мостовые схемы сложения мощностей. Требования к согласующим устройствам (СУ). Реактивные четырехполюсники и колебательные контура в роли СУ. Широкополосные СУ.
4	Автогенераторы гармонических колебаний	Общая теория автогенераторов. Уравнения стационарного режима. Схемотехника автогенераторов. Вопросы стабилизации частоты автогенераторов. Физические свойства кварцевых резонаторов. Осцилляторные схемы автогенераторов и схемы с кварцем в цепи обратной связи. Автогенераторы, работающие на гармониках. Параметры

		синтезаторов. Методы формирования сетки частот – прямой и косвенный.
5	Аналоговая и цифровая модуляция	Общие характеристики амплитудно-модулированных сигналов. Модуляция смещением и коллекторная модуляция. Методы формирования однополосных сигналов. Общая характеристика сигналов с угловой модуляцией. Частотная и фазовая модуляции, их связь. Методы осуществления частотной и фазовой модуляции. Схемотехника частотных и фазовых модуляторов. Характеристики импульсных сигналов. Жесткие и мягкие модуляторные устройства. Схемы импульсных модуляторов. Виды и основные характеристики цифровых методов манипуляции.
6	Виды радиоприемных устройств и их характеристики	Детекторные приемники, приемники прямого усиления, супергетеродинные приемники. Помехи радиоприему, внутренние шумы. Основные электрические характеристики радиоприемных устройств.
7	Входные цепи и селективные усилители	Назначение и схемы входных цепей. Схемы селективных усилителей на биполярных и полевых транзисторах. Основные характеристики: устойчивость, усиление, избирательность. Многокаскадные усилители. Интегральные микросхемы. Особенности усилителей диапазона СВЧ.
8	Преобразователи частоты	Общая теория преобразования частоты. Побочные каналы приема. Схемы преобразователей и их характеристики.
9	Демодуляторы	Амплитудные детекторы, их схемы и характеристики. Синхронный детектор. Амплитудные ограничители. Частотные детекторы. Фазовые детекторы.

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	учебно-исследовательская, научно-исследовательская целенаправленная работа с информацией для использования в практических целях	Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной профессиональной деятельности	ПК-1 - Способен осуществить модернизацию и техническое сопровождение разработки узлов радиоэлектронных систем	П-1 - Подготовить отчеты по результатам проведенных расчетов для разработки функциональных узлов радиоэлектронных систем
			ПК-3 - Способен спроектировать и исследовать электронные	З-1 - Сделать обзор основных достижений и проблем современных

			средства и системы	электротехники и электроники, аналоговой и цифровой схемотехники
--	--	--	--------------------	--

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основы формирования и обработки сигналов

Электронные ресурсы (издания)

1. , Булатов, Л. И., Гусев, Б. В.; Проектирование радиопередающих устройств : Метод. указ. по проектированию радиопередатчиков для студентов всех форм обуч. радиотехн. спец.; УПИ, Свердловск; 1989; <http://library.ustu.ru/dspace/handle/123456789/1027> (Электронное издание)
2. Гарматюк, С. С.; Задачник по устройствам генерирования и формирования радиосигналов : учебное пособие.; ДМК Пресс, Москва; 2012; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=232025> (Электронное издание)
3. Никитин, , Н. П.; Устройства приема и обработки сигналов. Системы управления приемником. Устройства борьбы с помехами : учебное пособие.; Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, Екатеринбург; 2014; <http://www.iprbookshop.ru/68497.html> (Электронное издание)

Печатные издания

1. , Шахгильдян, В. В.; Радиопередающие устройства : Учебник для вузов.; Радио и связь, Москва; 1996 (24 экз.)
2. , Шахгильдян, В. В., Козырев, В. Б., Ляховкин, А. А., Нуязин, В. П., Розов, В. М., Шумилин, М. С.; Радиопередающие устройства : учебник для студентов вузов связи по специальности 2011 "Радиосвязь, радиовещание, телевидение" .; Радио и связь, Москва; 2003 (59 экз.)
3. Ворона, В. А.; Радиопередающие устройства. Основы теории и расчета : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальностям "Информ. безопасность телекоммуникац. систем", "Комплексное обеспечение информ. безопасности автоматизир. систем" и "Компьютерная безопасность".; Горячая линия - Телеком, Москва; 2007 (12 экз.)
4. Гусев, Б. В., Шабунин, С. Н.; Моделирование электронных схем в среде GENESYS : учебно-методическое пособие для студентов вуза, обучающихся по направлению 11.03.01 - Радиотехника.; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2020 (10 экз.)
5. Никитин, Н. П., Елфимов, В. И.; Проектирование радиоприемных устройств на базе аналоговых блоков : учебное пособие.; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2004 (50 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

1. Зырянов Ю. Т., Федюнин П. А., Белоусов О. А., Рябов А. В., Головченко Е. В., Курносоев Р. Ю. - Радиопередающие устройства в системах радиосвязи <https://e.lanbook.com/book/171855>
2. Зырянов Ю. Т., Федюнин П. А., Белоусов О. А. - Проектирование радиопередающих устройств для систем подвижной радиосвязи <https://e.lanbook.com/book/189348>
3. МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ СХЕМ В OrCAD Гусев Б.В., Лагунов Е.В. <https://study.urfu.ru/Aid/ViewMeta/13568>

4. Моделирование электронных схем в среде GENESYS : учебно-методическое пособие Гусев, Б. В. Лагунов, Е. В. Чечёткин, В. А. <https://elar.urfu.ru/handle/10995/89951>

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. eLibrary ООО Научная электронная библиотека (Режим доступа: свободный)

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основы формирования и обработки сигналов

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство Проектор	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
2	Лабораторные занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами Стенды, генераторные и измерительные приборы	Не требуется

3	Самостоятельная работа студентов	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p>	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p>	Не требуется

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Устройства СВЧ и антенны

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Баранов Сергей Анатольевич	кандидат технических наук, доцент	Доцент	Департамент радиоэлектроники и связи
2	Зейде Кирилл Михайлович	кандидат физико- математических наук, без ученого звания	Доцент	Департамент радиоэлектроники и связи
3	Коротков Алексей Николаевич	без ученой степени, без ученого звания	Старший преподавате ль	Департамент радиоэлектроники и связи

Рекомендовано учебно-методическим советом института Радиоэлектроники и информационных технологий - РТФ

Протокол № 7 от 11.10.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Баранов Сергей Анатольевич, Доцент, Департамент радиоэлектроники и связи
- Зейде Кирилл Михайлович, Доцент, Департамент радиоэлектроники и связи
- Коротков Алексей Николаевич, Старший преподаватель, Департамент радиоэлектроники и связи

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Определения и термины устройств СВЧ и антенн	Значение антенн и устройств СВЧ в радиотехнических системах различного назначения. Классификация антенн по направленным свойствам, мощностям и частотным характеристикам. Функции, выполняемые высокочастотным трактом. Математическое моделирование антенн и устройств СВЧ. Историческая справка.
P2	Линии передачи	Классификация линий передачи, типы волн, дисперсия, коэффициент затухания, пропускаемая мощность. Типы линий передачи: проводные, коаксиальные, полосковые, волноводные, оптического диапазона.
P3	Работа линии в режиме передачи мощности	Модель регулярной линии передачи. Коэффициент отражения. КСВ и КБВ, нормированные сопротивления и проводимости. Линии с потерями, режим работы линии и его влияние на КПД и передаваемую мощность.
P4	Работа линии в режиме трансформации сопротивлений	Трансформация сопротивлений в линиях передачи, телеграфные уравнения. Шлейфы и трансформаторы. Их использование при построении устройств СВЧ. Согласование нагрузок с линиями.
P5	Матричное описание цепей СВЧ	Классические и волновые матрицы четырехполюсников. Свойства матриц четырехполюсников в зависимости от их

		структуры. Матрицы многополюсников. Применение матриц для расчета и исследования устройств.
P6	Элементы трактов СВЧ	Элементы проводных трактов. Элементы коаксиальных, полосковых и волноводных трактов: шайбы, изоляторы, тройники, нагрузки, шлейфы, вращающиеся сочленения, разъемы, фланцы, тройники, переходы между типами волн.
P7	Балансные восьмиполюсники и ферритовые устройства СВЧ	Свойства и использование балансных восьмиполюсников СВЧ. Основные типы балансных восьмиполюсников: кольцевой, двойной Т-образный, щелевой и шлейфные мосты; дырочные, с крестообразными щелями и на связанных линиях ответвители. Ферритовые устройства СВЧ.
P8	Общие вопросы антенн	Структурная схема антенны, основная классификация. Излучение элементарных источников. Характеристики излучения антенны. Работа антенны в режиме радиоприема.
P9	Вибраторные антенны	Распределение тока, диаграмма направленности, входное и излучения сопротивления вибратора. Связанные вибраторы. Конструкции вибраторов различных частотных диапазонов.
P10	Излучение линейных антенн и решёток	Излучение линейных антенн с непрерывным распределением тока, режимы работы. Особенности излучения линейных решёток. Основные типы линейных антенн и решёток: диэлектрические стержневые, спиральные, решётки волноводно-щелевые, директорные, полосковые.
P11	Плоские излучающие раскрыты и решётки	Характеристики направленности плоских раскрытов и решёток, методы расчета, сканирование. Основные типы апертурных антенн: рупорные, линзовые, зеркальные.
P12	Антенны НЧ, СЧ и ВЧ диапазонов. Заключение	Требования к антеннам НЧ, СЧ, ВЧ, определяющиеся особенностями распространения радиоволн этих диапазонов. Основные разновидности антенн указанных диапазонов. Тенденции развития устройств СВЧ и антенн.

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	учебно-исследовательская, научно-исследовательская целенаправленная работа с информацией для использования в практических	Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности Технология самостоятельной	ПК-2 - Способен рассчитать и спроектировать антенно-фидерные устройства	З-8 - Сделать обзор основных достижений и проблем в области проектирования антенно-фидерных устройств У-5 - Определять оптимальные

	целях	работы		<p>методы математического и электродинамического моделирования элементов антенно-фидерных устройств, программные средства и современные прикладные программы по расчету элементов антенно-фидерных устройств с учетом характера поставленной задачи</p> <p>П-1 - Создавать и редактировать технические тексты для оформления документации на антенно-фидерные устройства</p>
--	-------	--------	--	--

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Устройства СВЧ и антенны

Электронные ресурсы (издания)

1. , Филонов, А. А.; Устройства СВЧ и антенны : учебник.; Сибирский федеральный университет (СФУ), Красноярск; 2014; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=364513> (Электронное издание)
2. Замотринский, В. А.; Устройства СВЧ и антенны : учебное пособие. 1. Устройства СВЧ; Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Томск; 2012; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=208566> (Электронное издание)
3. Гошин, Г. Г.; Устройства СВЧ и антенны : учебное пособие. 2. Антенны; Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Томск; 2012; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=208588> (Электронное издание)
4. Шабунин, , С. Н., Шабунин, , С. Н.; Измерение параметров антенн : учебное пособие.; Уральский

федеральный университет, ЭБС АСВ, Екатеринбург; 2014; <http://www.iprbookshop.ru/66152.html> (Электронное издание)

5. Муромцев, Д. Ю.; Техническая электродинамика : учебное пособие.; Тамбовский государственный технический университет (ТГТУ), Тамбов; 2012; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=277902> (Электронное издание)

6. ; Техническая электродинамика : учебное пособие.; Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск; 2018; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=576560> (Электронное издание)

7. , Мительман, , Ю. Е.; Расчет и измерение характеристик устройств СВЧ и антенн : учебное пособие.; Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, Екатеринбург; 2016; <http://www.iprbookshop.ru/65981.html> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Нефёдов, Е. И.; Антенно-фидерные устройства и распространение радиоволн : учеб. для студентов образоват. учреждений сред. проф. образования.; Академия, Москва; 2006 (36 экз.)

2. Сазонов, Д. М.; Антенны и устройства СВЧ : Учебник для вузов по спец. "Радиотехника".; Высш. шк., Москва; 1988 (64 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

1. ACM Digital Library Association for Computing Machinery (Режим доступа: из корпоративной сети УрФУ; удаленный доступ через систему EZпроху)

2. Applied Science & Technology Source EBSCO publishing (Режим доступа: из корпоративной сети УрФУ; удаленный доступ через систему EZпроху)

3. eLibrary ООО Научная электронная библиотека (Режим доступа: свободный)

4. IEEE Xplore Institute of Electric and Electronic Engineers (IEEE) (Режим доступа: из корпоративной сети УрФУ; удаленный доступ через систему EZпроху)

5. INSPEC EBSCO publishing (Режим доступа: из корпоративной сети УрФУ; удаленный доступ через систему EZпроху)

6. Institute of Physics (IOP) (Режим доступа: из корпоративной сети УрФУ; удаленный доступ через систему EZпроху)

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. SpringerLink Springer Nature (Режим доступа: из корпоративной сети УрФУ; удаленный доступ через систему EZпроху)

2. Web of Science Core Collection - Web of Science (Режим доступа: из корпоративной сети УрФУ; удаленный доступ через систему EZпроху)

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Устройства СВЧ и антенны

Сведения об оснащении дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Проектор	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
2	Лабораторные занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Генераторы Векторные анализаторы цепей Волноводные устройства: мосты, направленные ответвители, Y-циркуляторы, X-циркуляторы, коммутаторы, вентили Печатные антенны и антенные решетки Волноводно-щелевые антенные решетки Рупорные антенны с замедляющими и ускоряющими линзами Вибраторные антенны Стенд для работ по согласованию нагрузки	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

		Стенд для исследования микрополосковых фильтров	
3	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Не требуется
4	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов	Не требуется