

Направление подготовки 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника»
Профиль «Промышленная электроника»
РПД Б1.В.05 «Высокочастотные электронные устройства»



**Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»
в г. Смоленске**

УТВЕРЖДАЮ

Зам. директора
по учебно-методической работе
филиала ФГБОУ ВО
«НИУ «МЭИ» в г. Смоленске

В.В. Рожков

« 11 » 10 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Высокочастотные электронные устройства**

(НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

Направление подготовки (специальность): 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника»

Профиль: «Промышленная электроника»

Уровень высшего образования: бакалавриат

Нормативный срок обучения: 4 года

Форма обучения: очная

Год набора: 2022

Смоленск

Направление подготовки 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника»
Профиль «Промышленная электроника»
РПД Б1.В.05 «Высокочастотные электронные устройства»



Программа составлена с учетом ФГОС ВО по направлению подготовки / специальности 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника», утвержденного приказом Минобрнауки России от «19» сентября 2017 г. № 927

Программу составил:

Доцент кафедры

«Электроники и микропроцессорной техники»

канд. техн. наук, доцент


подпись

Мищенко Михаил Николаевич
ФИО

«28» сентября 2021 г.

Программа обсуждена и одобрена на заседании кафедры «Электроники и микропроцессорной техники»

«29» сентября 2021 г., протокол № 1

Заведующий кафедрой «Электроники и микропроцессорной техники»:



подпись

Якименко Игорь Владимирович
ФИО

«08» октября 2021 г.

РПД адаптирована для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Ответственный в филиале по работе с ЛОВЗ и инвалидами



подпись

Зуева Елена Владимировна
ФИО

«08» октября 2021 г.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью является подготовка обучающихся к научно-исследовательской деятельности по направлению бакалавриата 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника» посредством обеспечения этапов формирования компетенций, предусмотренных ФГОС, в части представленных ниже знаний, умений и навыков.

Задачи: изучение понятийного аппарата дисциплины, основных теоретических положений и методов, привитие навыков применения теоретических знаний для решения практических задач.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина Б1.В.05 «Высокочастотные электронные устройства» относится к вариативной части программы.

Перечень последующих дисциплин, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной дисциплиной: Б1.В.09 «Основы микропроцессорной техники», Б1.В.13 «Силовые узлы устройств промышленной электроники», Б1.В.14 «Преобразовательная техника», Б1.В.ДВ.04.01 «Сигнальные процессоры», Б1.В.ДВ.04.02 «Программируемые логические схемы», Б2.В.02(П) «Технологическая (проектно-технологическая) практика», Б2.В.03(Н) «Научно-исследовательская работа», Б3.01 «Подготовка к защите и защита выпускной квалификационной работы».

3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины направлено на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по данному направлению подготовки:

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Индикаторы достижения компетенций	Результаты обучения
ПК-2 Способен аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения	ПК-2.1 Аргументировано выбирает эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения	Знает: Как аргументировано выбирать эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения Умеет: Аргументировано выбирать эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения Владет: Методами аргументированного выбора эффективной методики экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения
	ПК-2.2 Реализует на практике эффективную методику экспериментального исследования пара-	Знает: Как реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик

	<p>метров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения</p>	<p>приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения Умеет: Реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения Владеет: Методами реализации на практике эффективной методики экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения</p>
--	---	--

Содержание дисциплины:

№	Наименование видов занятий и тематик, содержание
1	лекционные занятия 9 шт. по 2 часа (18 час.): Тема 1. Электромагнитные волны 1.1. Уравнения Максвелла. Уравнения Максвелла в интегральной и комплексной формах. 1.2. Плоские электромагнитные волны. Сферические и цилиндрические электромагнитные волны в однородных средах. 1.3. Излучение электромагнитных волн элементарным электрическим вибратором. Элементарная площадка и магнитный излучатель. 1.4. Отражение и преломление плоских электромагнитных волн. Поверхностные электромагнитные волны и замедляющие структуры. 1.5. Рассеяние и дифракция радиоволн. Тема 2. Электромагнитные волны в направляющих системах 1.6. Волноводы прямоугольного сечения. 1.7. Волноводы круглого сечения. Линии передачи с волнами типа Т. 1.8. Энергетические характеристики волноводов 1.9. Передача электромагнитной энергии от генератора к нагрузке.
2	лабораторные работы 4 шт. по 4 часа (16 час.): 2.1 Исследование плоских и сферических электромагнитных волн. 2.2 Исследование свойств электромагнитного поля элементарного излучателя. 2.3 Исследование поверхностных волн в замедляющих структурах 2.3 Исследование режимов работы линии передачи.
5	самостоятельная работа студентов: час. 3.1. Изучение материалов лекций 44 3.2. Подготовка к лабораторным работам 10 Всего: 74 3.3. Подготовка к экзамену 20

Текущий контроль: Письменный контрольный опрос по изученному теоретическому материалу и полученным практическим навыкам проводится на практических и лабораторных занятиях.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

№ п/п	Виды учебных занятий	Образовательные технологии
1.	Лекции	Интерактивная лекция (лекция-визуализация). Индивидуальные и групповые консультации по дисциплине.
2.	Лабораторная работа	Технология выполнения лабораторных заданий индивидуально. Технология выполнения лабораторных заданий в малой группе (в бригаде). Допуск к лабораторной работе.
3.	Самостоятельная работа студентов (внеаудиторная)	Информационно-коммуникационные технологии (доступ к ЭИОС филиала, к ЭБС филиала, доступ к информационно-методическим материалам по дисциплине).

4.	Контроль (промежуточная аттестация: зачет или экзамен)	Технология устного опроса.
----	--	----------------------------

6. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Форма промежуточной аттестации по настоящей дисциплине — экзамен.

Перечень вопросов к экзамену

1. Уравнения Максвелла.
2. Уравнения Максвелла в интегральной и комплексной формах.
3. Плоские электромагнитные волны.
4. Сферические и цилиндрические электромагнитные волны в однородных средах.
5. Излучение электромагнитных волн элементарным электрическим вибратором.
6. Элементарная площадка и магнитный излучатель.
7. Отражение и преломление плоских электромагнитных волн.
8. Поверхностные электромагнитные волны и замедляющие структуры.
9. Рассеяние и дифракция радиоволн.
10. Волноводы прямоугольного сечения.
11. Волноводы круглого сечения.
12. Линии передачи с волнами типа Т.
13. Энергетические характеристики волноводов
14. Передача электромагнитной энергии от генератора к нагрузке.

Типовые задачи

1. В материальной среде с параметрами $\epsilon=2,5$ и $\sigma=0,62$ См/м создано электрическое поле, имеющее частоту 900 МГц и амплитуду 10 В/м. Определить амплитудное значение и фазу плотности полного тока.
2. Плоская электромагнитная волна с частотой 10^8 Гц распространяется в среде с параметрами $\epsilon = 2,8$, $\text{tg } \delta_3 = 0,13$, $\mu = 1$. Определить фазовую скорость, длину волны и коэффициент ослабления.
3. Плоская электромагнитная волна с частотой 10^8 Гц распространяется в среде с параметрами $\epsilon = 2,2$, $\text{tg } \delta_3 = 0,02$, $\mu = 1$. Амплитуда электрического поля в плоскости $z = 0$ м равна 60 В/м. Определить среднюю плотность потока мощности в плоскости $z = 1$ м.
4. Найти ток в элементарном электрическом вибраторе длиной 8 см, если в точке с координатами $r = 1$ км, $\theta = \pi / 2$ напряженность электрического поля $E_\theta = 10^{-3}$ В/м. Частота колебаний 10^7 Гц. Построить диаграмму направленности элементарного электрического вибратора в плоскостях θ и ϕ .
4. Определить мощность излучения элементарной рамки с электрическим током, если на расстоянии 70 м в экваториальной плоскости создается электрическое поле с амплитудой 0,2 В/м. Построить диаграмму направленности элементарного магнитного вибратора в плоскостях θ и ϕ .
5. Вычислить напряженность электрического поля, создаваемого элементарной площадкой в точке с координатами $r = 1$ км, $\theta = \pi / 6$. Частота колебаний 10^7 Гц. Размер элементарной площадки 12×12 см. Касательная составляющая напряженности электрического поля равна $E_\tau = 20$ В/м. Построить диаграмму направленности элементарной площадки в плоскостях θ и ϕ .
6. Плоская электромагнитная волна с частотой $f=10^9$ Гц падает из вакуума на границу раздела со средой, имеющей параметры $\epsilon_2=2,1$, $\mu_2=1$, $\sigma_2=0,4$ См/м. Построить зависимость

модулей коэффициентов отражения для вертикальной и горизонтальной поляризаций от угла падения.

7. Плоская электромагнитная волна с частотой $f=10^9$ Гц падает из среды, имеющей параметры $\epsilon_2=2,1$, $\mu_2=1$, $\sigma_2=0,4$ См/м, на границу раздела с вакуумом. Построить зависимость модулей коэффициентов отражения для вертикальной и горизонтальной поляризаций от угла падения.

8. Плоская электромагнитная волна с частотой $f=10^{10}$ Гц распространяется над поверхностью с импедансным сопротивлением $Z=i400$ Ом, $\epsilon=2,1$, $\mu=1$. Построить зависимость амплитуды электрического поля от высоты точки наблюдения над импедансной поверхностью.

9. Построить диаграмму типов волн для прямоугольного волновода стандартного сечения МЭК-100, $a=2,3$ см, $b=1$ см.

10. Построить диаграмму типов волн для круглого волновода с радиусом, $a=2,6$ см.

11. Построить зависимость предельной мощности от длины волны для прямоугольного волновода стандартного сечения МЭК-80.

12. Построить зависимость толщины поверхностных токов от частоты $f=10^8 \dots 10^{10}$ Гц для меди, серебра и алюминия.

13. Построить зависимость амплитуды электрического поля от длины линии передачи (прямоугольный волновод стандартного сечения МЭК-80), если сопротивление нагрузки равно: $Z_H=0$ Ом, $Z_H=500$ Ом, $Z_H=10^5$ Ом.

14. Построить зависимость амплитуды магнитного поля от длины линии передачи (прямоугольный волновод стандартного сечения МЭК-80), если сопротивление нагрузки равно: $Z_H=0$ Ом, $Z_H=500$ Ом, $Z_H=10^5$ Ом.

15. Построить зависимость активной и реактивной составляющих входного сопротивления от длины линии передачи (прямоугольный волновод стандартного сечения МЭК-100), если сопротивление нагрузки равно: $Z_H=0$ Ом, $Z_H=500$ Ом.

16. Построить зависимость активной и реактивной составляющих входного сопротивления от длины линии передачи (прямоугольный волновод стандартного сечения МЭК-100), если сопротивление нагрузки равно: $Z_H=0$ Ом, $Z_H=i500$ Ом.

17. Построить зависимость амплитуды электрического поля от угла места точки наблюдения при отражении электромагнитной волны от плоской земной поверхности, если коэффициент отражения равен $P_{отр}=-1$.

В филиале используется система с традиционной шкалой оценок — «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно», «зачтено», «не зачтено» (далее — пятибалльная система).

Применяемые критерии оценивания по дисциплинам (в соответствии с инструктивным письмом НИУ МЭИ от 14 мая 2012 года № И-23):

Оценка по дисциплине	Критерии оценки результатов обучения по дисциплине
«отлично»/ «зачтено (отлично)»/ «зачтено»	Выставляется обучающемуся, обнаружившему всестороннее, систематическое и глубокое знание материалов изученной дисциплины, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; проявившему творческие способности в понимании, изложении и использовании материалов изученной дисциплины, безупречно ответившему не только на вопросы билета, но и на дополнительные вопросы в рамках рабочей программы дисциплины, правильно выполнившему практическое задание. Оценка

Оценка по дисциплине	Критерии оценки результатов обучения по дисциплине
	по дисциплине выставляются обучающемуся с учётом результатов текущего контроля. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне — «эталонный».
«хорошо»/ «зачтено (хорошо)»/ «зачтено»	Выставляется обучающемуся, обнаружившему полное знание материала изученной дисциплины, успешно выполняющему предусмотренные задания, усвоившему основную литературу, рекомендованную рабочей программой дисциплины; показавшему систематический характер знаний по дисциплине, ответившему на все вопросы билета, правильно выполнивший практическое задание, но допустивший при этом не принципиальные ошибки. Оценка по дисциплине выставляются обучающемуся с учётом результатов текущего контроля. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне — «продвинутый».
«удовлетворительно»/ «зачтено (удовлетворительно)»/ «зачтено»	Выставляется обучающемуся, обнаружившему знание материала изученной дисциплины в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющемуся с выполнением заданий, знакомому с основной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; допустившему погрешность в ответе на теоретические вопросы и/или при выполнении практических заданий, но обладающему необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя, либо неправильно выполнившего практическое задание, но по указанию преподавателя выполнившего другие практические задания из того же раздела дисциплины.. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне — «пороговый».
«неудовлетворительно»/ не зачтено	Выставляется обучающемуся, обнаружившему серьезные пробелы в знаниях основного материала изученной дисциплины, допустившему принципиальные ошибки в выполнении заданий, не ответившему на все вопросы билета и дополнительные вопросы и неправильно выполнившего практическое задание (неправильное выполнение только практического задания не является однозначной причиной для выставления оценки «неудовлетворительно»). Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение по образовательной программе без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине. Оценка по дисциплине выставляются обучающемуся с учётом результатов текущего контроля. Компетенции на уровне «пороговый», закреплённые за дисциплиной, не сформированы.

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебное и учебно-лабораторное оборудование

Учебная аудитория для проведения лекционных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная:

- специализированной мебелью; доской аудиторной; демонстрационным оборудованием: персональным компьютером (ноутбуком); переносным (стационарным) проектором.

Учебная аудитория для лабораторных работ, выполняемых в компьютерном классе, оснащенная:

- специализированной мебелью; доской аудиторной; персональными компьютерами.

Для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине используется помещение для самостоятельной работы обучающихся, оснащенное:

- специализированной мебелью; доской аудиторной; персональным компьютерами с подключением к сети «Интернет» и доступом в ЭИОС филиала.

Программное обеспечение: Matlab, MathCad, Micro-Cap.

8. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ И ИНВАЛИДОВ

В ходе реализации дисциплины используются следующие дополнительные методы обучения, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в зависимости от их индивидуальных особенностей:

для слепых и слабовидящих:

- лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;

- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением, или могут быть заменены устным ответом;

- обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;

- для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств;

- письменные задания оформляются увеличенным шрифтом;

- экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.

для глухих и слабослышащих:

- лекции оформляются в виде электронного документа;

- письменные задания выполняются на компьютере в письменной форме;

- экзамен и зачёт проводятся в письменной форме на компьютере; возможно проведение в форме тестирования.

для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;

- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением;

- экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере;

- используется специальная учебная аудитория для лиц с ЛОВЗ – ауд. 106 главного учебного корпуса по адресу 214013, г. Смоленск, Энергетический пр-д, д.1, здание энергетического института (основной корпус).

При необходимости предусматривается увеличение времени для подготовки ответа.

Процедура проведения промежуточной аттестации для обучающихся устанавливается с учётом их индивидуальных психофизических особенностей. Промежуточная аттестация может проводиться в несколько этапов.

При проведении процедуры оценивания результатов обучения предусматривается использование технических средств, необходимых в связи с индивидуальными особенностями обучающихся. Эти средства могут быть предоставлены филиалом, или могут использоваться собственные технические средства.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.

Обеспечивается доступ к информационным и библиографическим ресурсам в сети Интернет для каждого обучающегося в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

для слепых и слабовидящих:

- в печатной форме увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- в форме аудиофайла.

для глухих и слабослышащих:

- в печатной форме;
- в форме электронного документа.

для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме;
- в форме электронного документа;
- в форме аудиофайла.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература.

1. Панасюк, Ю.Н. Электромагнитные поля: учебное пособие [Электронный ресурс] / Ю.Н. Панасюк, А.П. Пудовкин; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тамбовский государственный технический университет». - Электрон. текстовые дан. – Тамбов: Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2014. - 96 с. : ил. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-8265-1266-1. — Режим доступа: URL <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=277994>
2. Горбачев, А.П. Электромагнитные волны в прямоугольных и круглых волноводах [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.П. Горбачев, Ю.О. Филимонова. - Электрон. текстовые дан. – Новосибирск : НГТУ, 2012. - 212 с. - ISBN 978-5-7782-1975-5; — Режим доступа: URL <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=228609>

Дополнительная литература.

1. Мищенко, М.Н. и др. Практикум по курсу «Высокочастотные электронные устройства» [текст]: практикум / М.Н. Мищенко, И.В. Якименко, В.А. Смолин. – Смоленск: РИО филиала МЭИ, 2014. – 110 с. (25 экз. в библиотеке)
2. Фальковский, О.И. Техническая электродинамика [Электронный ресурс] : учебник. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2009. — 431 с. — Режим доступа: URL http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=403
3. Григорьев, А.Д. Электродинамика и микроволновая техника: Учебник [Электронный ресурс] : учебник. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2007. — 708 с. — Режим доступа: URL http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=118
4. Барыбин, А.А. Электродинамика волноведущих структур. Теория возбуждения и связи волн [Электронный ресурс] : . — Электрон. дан. — М. : Физматлит, 2007. — 510 с. — Режим доступа: URL http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2106
5. Петров Б.М. Электродинамика и распространение радиоволн: учебник по напр. "Радиотехника", спец. "Радиотехника", "Радиофизика и электроника", "Бытовая радиоэлектронная аппаратура" / Б. М. Петров .— 3-е изд., стер. — М. : Горячая линия-Телеком, 2014 .— 558 с. : ил. (12 экз. в библиотеке)

6. Сомов А. М. Электродинамика : учеб. пособие по спец. 090302(090106) "Информационная безопасность телекоммуникационных систем" / А.М. Сомов, В.В. Старостин, С.Д. Бенеславский ; под ред. А.М. Сомова .— М. : Горячая линия-Телеком, 2011 .— 198 с. : ил. (12 экз. в библиотеке)
7. Компоненты и технологии. [Электронный ресурс] - Электрон. текстовые дан. 2011-2015. - Режим доступа: URL <http://elibrary.ru/issues.asp?id=9938>

10. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Раздел сайта, посвященный электромагнитному излучению. Режим доступа: <http://www.electrokiber.ru/elektromagnetizm/>

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

Номер измене- ния	Номера страниц				Всего страниц в документе	Наименование и № документа, вводящего изменения	Подпись, Ф.И.О. внесшего изме- нения в данный экземпляр	Дата внесения изме- нения в данный экземпляр	Дата введения изменения
	изме- ненных	замене- ных	новых	аннулиро- ванных					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10