

**Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

**Направление подготовки/специальность: 11.03.01 Радиотехника**

**Наименование образовательной программы: Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов**

**Уровень образования: высшее образование - бакалавриат**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Основы автоматизированного проектирования антенн и устройств СВЧ**

**Москва  
2023**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Курушин А.А.
	Идентификатор	Rec52a4a9-KurushinAA-455a674e

(подпись)

А.А.

Курушин

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Остапенков П.С.
	Идентификатор	R6356f55c-OstapenkovPS-854af18e

(подпись)

П.С.

Остапенков

(расшифровка  
подписи)

Заведующий  
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Сафин А.Р.
	Идентификатор	Rdaf18b6c-SafinAR-8ed43814

(подпись)

А.Р. Сафин

(расшифровка  
подписи)

## ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-2 Способен разрабатывать математические модели радиоэлектронных устройств, подсистем радиоэлектронных систем и комплексов на основе компьютерного моделирования алгоритмов формирования, передачи, приема и обработки радиосигналов

ИД-1 Знает методы выполнения расчетов основных технических характеристик радиоэлектронных устройств

ИД-2 Знает методы построения структурных схем радиоэлектронного устройства и подсистем радиоэлектронных систем и комплексов, реализующих требуемые алгоритмы обработки

ИД-3 Умеет проводить компьютерное моделирование радиоэлектронных устройств в специализированных САПР на основе базовых алгоритмов формирования, передачи, приема и обработки радиосигналов

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Контрольная работа "Расчет излучения рупорной антенны в пакетах прикладных программ" (Контрольная работа)
2. Контрольная работа «Оптимизация параметров делителя мощности в микрополосковом исполнении в пакетах прикладных программ» (Контрольная работа)
3. Расчетное задание «Расчет в пакетах прикладных программ антенных задач с включением дискретных активных элементов» (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Тест «Основные методы и алгоритмы вычислительной электродинамики» (Тестирование)
2. Тест «Этапы моделирования антенн и устройств СВЧ в пакетах прикладных программ» (Тестирование)

## БРС дисциплины

8 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %					
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
	Срок КМ:	4	6	8	12	15
Введение						
Введение	+					

Обзор современного программного обеспечения расчета и проектирования антенн и СВЧ устройств					
Обзор современного программного обеспечения расчета и проектирования антенн и СВЧ устройств	+	+	+		
Проектирование антенн и СВЧ устройств с помощью программы HFSS ANSYS и Savant					
Проектирование антенн и СВЧ устройств с помощью программы HFSS ANSYS и Savant		+	+	+	+
Гибридное моделирование СВЧ-структур в HFSS ANSYS					
Гибридное моделирование СВЧ-структур в HFSS ANSYS				+	+
Вес КМ:	10	10	25	25	30

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

## СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

### I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-2	ИД-1 <sub>ПК-2</sub> Знает методы выполнения расчетов основных технических характеристик радиоэлектронных устройств	Знать: методы и алгоритм электродинамического моделирования антенн и устройств СВЧ	Тест «Основные методы и алгоритмы вычислительной электродинамики» (Тестирование)
ПК-2	ИД-2 <sub>ПК-2</sub> Знает методы построения структурных схем радиоэлектронного устройства и подсистем радиоэлектронных систем и комплексов, реализующих требуемые алгоритмы обработки	Уметь: выбрать метод моделирования для решения конкретной задачи, приводящий к решению с заданной точностью при минимальных затратах вычислительных и временных ресурсов	Тест «Этапы моделирования антенн и устройств СВЧ в пакетах прикладных программ» (Тестирование) Контрольная работа "Расчет излучения рупорной антенны в пакетах прикладных программ" (Контрольная работа)
ПК-2	ИД-3 <sub>ПК-2</sub> Умеет проводить компьютерное моделирование радиоэлектронных устройств в специализированных САПР на основе базовых алгоритмов формирования, передачи,	Уметь: моделировать антенны и устройства СВЧ с целью анализа и оптимизации их параметров с использованием имеющихся средств исследований, включая стандартные пакеты	Контрольная работа «Оптимизация параметров делителя мощности в микрополосковом исполнении в пакетах прикладных программ» (Контрольная работа) Расчетное задание «Расчет в пакетах прикладных программ антенных задач с включением дискретных активных элементов» (Расчетно-графическая работа)

	приема и обработки радиосигналов	прикладных программ	
--	----------------------------------	---------------------	--

## II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

### КМ-1. Тест «Основные методы и алгоритмы вычислительной электродинамики»

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Каждому студенту выдаётся индивидуальное задание на тестирование

#### Краткое содержание задания:

Проверяется знание основных методов и алгоритмов вычислительной электродинамики

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: методы и алгоритм электродинамического моделирования антенн и устройств СВЧ	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Сравните основные электродинамические методы по сложности алгоритмов</li><li>2. Сравните основные электродинамические методы по универсальности для решения широкого круга электродинамического моделирования</li><li>3. Сравните основные электродинамические методы по точности решения</li><li>4. Изложите алгоритм метода конечных элементов</li><li>5. Изложите алгоритм метода конечных разностей во временной области</li><li>6. Изложите алгоритм метода моментов (интегральных уравнений)</li><li>7. Что такое функция Грина?</li><li>8. Какие базисные функции применяются в методе конечных элементов?</li><li>9. Какие базисные функции применяются в методе моментов?</li><li>10. Что такое базисные функции высших порядков?</li><li>11. Что такое ячейка <math>Y_{ee}</math> и для чего она нужна?</li><li>12. Изложите алгоритм быстрого мультипольного метода</li><li>13. Для чего в методе конечных разностей во временной области применяется дуальная сетка разбиения?</li><li>14. Как выбрать критерий сходимости решения?</li><li>15. Для каких задач предпочтительнее использовать метод моментов?</li></ol>
--	--

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

*Оценка:* 3

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 50

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

### **КМ-2. Тест «Этапы моделирования антенн и устройств СВЧ в пакетах прикладных программ»**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Каждому студенту выдаётся индивидуальное задание на тестирование

#### **Краткое содержание задания:**

Проверяется понимание этапов моделирования антенн и устройств СВЧ в пакетах прикладных программ

#### **Контрольные вопросы/задания:**

<p>Уметь: выбрать метод моделирования для решения конкретной задачи, приводящий к решению с заданной точностью при минимальных затратах вычислительных и временных ресурсов</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Каким образом реализовано описание материалов трехмерных объектов в виде трехмерных частей проекта и с помощью граничных условий?</li><li>2. Электрические и магнитные стенки, как они устанавливаются в анализируемой структуре?</li><li>3. Граничные условия, имеющиеся в HFSS</li><li>4. Как реализованы порты в HFSS и в каких случаях они применяются?</li><li>5. Рабочая система координат и её привязка к элементам структуры</li><li>6. Методы оптимизации, реализованные в HFSS?</li><li>7. Выбрать минимальный временной шаг для моделирования структуры в диапазоне 0.1, 10 ГГц методом конечных разностей во временной области.</li><li>8. Как установить и возбудить определенную моду в волноводе?</li><li>9. В каких случаях для уменьшения объема задачи устанавливается магнитная стенка, а в каких – электрическая стенка?</li><li>10. В каких случаях нужно применять периодические граничные условия?</li><li>11. Дайте определение и сущность портов Флоке.</li><li>12. Методы расчета в HFSS и для решения каких задач они применяются?</li><li>13. Как и в каких случаях в СВЧ структуре устанавливается волноводный и дискретный порт?</li><li>14. Как рассчитать входной импеданс квадрифилярной антенны (с 4 портами).</li></ol>
---	---

#### **Описание шкалы оценивания:**

*Оценка:* 5

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

### **КМ-3. Контрольная работа "Расчет излучения рупорной антенны в пакетах прикладных программ"**

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС: 25**

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Каждому студенту выдаётся индивидуальное задание

#### **Краткое содержание задания:**

Проверяется умение выбрать метод моделирования для решения конкретной задачи, приводящий к решению с заданной точностью при минимальных затратах вычислительных и временных ресурсов

#### **Контрольные вопросы/задания:**

<p>Уметь: выбрать метод моделирования для решения конкретной задачи, приводящий к решению с заданной точностью при минимальных затратах вычислительных и временных ресурсов</p>	<p>1.Облучатель представляет собой четырехсегментный конический рупор, работающий в трех диапазонах частот одновременно, по двум поляризациям в каждом диапазоне. Выполните оптимизацию двухщелевого возбуждителя рупорного облучателя. Боковое возбуждение рупора осуществляется при помощи двух продольных щелей, находящихся в критическом сечении конической секции и расположенных перпендикулярно друг другу.</p> <p>2.Спроектировать систему из двух антенн, расположенных друг против друга на расстоянии 10 метров.</p> <p>Одна антенна: рупорная антенна. Вторая антенна – квадрифилярная антенна с круговой поляризацией. Рассчитать связь между двумя антеннами для положения квадрифилярной антенны относительно оси излучения на <math>10^\circ</math>, <math>20^\circ</math> и <math>30^\circ</math>.</p> <p>3.Задана система, состоящая из Н-секториальной и патч антенны. Выбрать габариты каждой из антенны. Необходимо рассчитать взаимное влияние антенн друг на друга. Рассчитать частотную характеристику S-параметров в диапазоне частот 0.7 – 1.3 ГГц. Путём оптимизации геометрических параметров рупора</p>
---	---

максимально увеличить  $|S_{21}|$  на частоте 1 ГГц.

4. Система состоит из рупорной антенны, электромагнитное поле которой падает на диэлектрическую среду, в которой может находиться, а может и не находиться металлические объекты. Расчет выполнить на частоте 0.9 ГГц на программе HFSS в частотной и во временной области (параметры импульсного сигнала выбрать самостоятельно).

5. Смоделировать GPS-антенну, у которой будет уменьшен эффект многолучевости, вызванный многочисленными переотражениями, т.е. будет уменьшен уровень обратного излучения. Частота, на которой должна работать антенна, 1200 МГц.

6. Спроектировать систему из двух антенн, расположенных на расстоянии 10 метров. Одна антенна – рупорная антенна. Вторая антенна – квадрифилярная антенна с круговой поляризацией. Рассчитать связь между двумя антеннами для положения квадрифилярной антенны относительно оси излучения на  $10^\circ$ ,  $20^\circ$  и  $30^\circ$ .

7. Оптимальная пирамидальная рупорная антенна должна обеспечить в главных плоскостях одинаковую ширину диаграммы направленности по нулям в  $20^\circ$  на волне  $\lambda=3$  см. Определите основные размеры рупора. Выполните моделирование данной антенны

8. Оптимальная коническая рупорная антенна со спадающим к краям до нуля распределением в раскрытии имеет диаметр раскрытия 40 см на волне  $\lambda=5$  см. Определите длину рупора, ширину диаграммы направленности по нулям и КНД. Выполните моделирование данной антенны

9. Оптимальная коническая рупорная антенна с равномерным распределением в раскрытии имеет диаметр раскрытия 40 см на волне  $\lambda=5$  см. Определите длину рупора, ширину диаграммы направленности по нулям и КНД. Выполните моделирование данной антенны

10. Оптимальная пирамидальная рупорная антенна должна обеспечить в главных плоскостях одинаковую ширину диаграммы направленности по нулям в  $30^\circ$  на волне  $\lambda=4$  см. Определите основные размеры рупора. Выполните моделирование данной антенны

11. Оптимальная пирамидальная рупорная антенна имеет квадратный раскрытив со стороной квадрата в 15 см. Длина волны  $\lambda=3$  см. Определите ширину диаграммы направленности по нулям и КНД антенны. Выполните моделирование данной антенны

12. При каком соотношении сторон прямоугольного раскрытия с равномерным распределением в E-

	<p>плоскости и косинусоидальным в Н-плоскости диаграмма направленности имеет одинаковую ширину по нулям в главных плоскостях? Выполните моделирование данной антенны</p> <p>13.Оптимальная пирамидальная рупорная антенна должна обеспечить в главных плоскостях одинаковую ширину диаграммы направленности по нулям в <math>20^\circ</math> на волне <math>\lambda=3</math> см. Определите основные размеры рупора. Выполните моделирование данной антенны</p> <p>14.Оптимальная коническая рупорная антенна со спадающим к краям до нуля распределением в раскрыве имеет диаметр раскрыва 40 см на волне <math>\lambda=5</math> см. Определите длину рупора, ширину диаграммы направленности по нулям и КНД. Выполните моделирование данной антенны</p> <p>15.Оптимальная коническая рупорная антенна с равномерным распределением в раскрыве имеет диаметр раскрыва 40 см на волне <math>\lambda=5</math> см. Определите длину рупора, ширину диаграммы направленности по нулям и КНД. Выполните моделирование данной антенны</p>
--	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

**КМ-4. Контрольная работа «Оптимизация параметров делителя мощности в микрополосковом исполнении в пакетах прикладных программ»**

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Каждому студенту выдаётся индивидуальное задание

**Краткое содержание задания:**

Проверяется умение выбрать метод моделирования для решения конкретной задачи, приводящий к решению с заданной точностью при минимальных затратах вычислительных и временных ресурсов

### Контрольные вопросы/задания:

<p>Уметь: моделировать антенны и устройства СВЧ с целью анализа и оптимизации их параметров с использованием имеющихся средств исследований, включая стандартные пакеты прикладных программ</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Рассчитать микрополосковую линию длиной 10 мм, шириной 2 мм на подложке толщиной 1 мм проницаемостью 10 на программах HFSS.</li><li>2. Проектирование гибридного кольца в диапазоне 2.2 ГГц-2.3 ГГц. Устройство должно располагаться на подложке из материала ФАФ размером 70мм*70мм.</li><li>3. Проектирование квадратного моста в диапазоне 2.2 ГГц-2.3 ГГц. Устройство должно располагаться на подложке из материала ФАФ размером 70мм*70мм.</li><li>4. Проектирование квадратного моста в диапазоне 1.2 ГГц-1.3 ГГц. Устройство должно располагаться на подложке из материала ФАФ размером 70мм*70мм.</li><li>5. Проектирование гибридного кольца в диапазоне 1.2 ГГц-1.3 ГГц. Устройство должно располагаться на подложке из материала ФАФ размером 70мм*70мм.</li><li>6. Рассчитать микрополосковую линию длиной 12 мм, шириной 2 мм на подложке толщиной 1 мм проницаемостью 8 на программах HFSS.</li><li>7. Проектирование квадратного моста в диапазоне 1.7 ГГц-1.8 ГГц. Устройство должно располагаться на подложке из материала ФАФ размером 70мм*70мм.</li><li>8. Проектирование гибридного кольца в диапазоне 1.7 ГГц-1.8 ГГц. Устройство должно располагаться на подложке из материала ФАФ размером 70мм*70мм.</li><li>9. Рассчитать микрополосковую линию длиной 14 мм, шириной 2 мм на подложке толщиной 1 мм проницаемостью 6 на программах HFSS.</li><li>10. Проектирование квадратного моста в диапазоне 1.9 ГГц-2.0 ГГц. Устройство должно располагаться на подложке из материала ФАФ размером 70мм*70мм.</li><li>11. Проектирование гибридного кольца в диапазоне 1.9 ГГц-2.0 ГГц. Устройство должно располагаться на подложке из материала ФАФ размером 70мм*70мм.</li><li>12. Рассчитать микрополосковую линию длиной 8 мм, шириной 2 мм на подложке толщиной 1 мм проницаемостью 12 на программах HFSS.</li></ol>
---	---

### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

**КМ-5. Расчетное задание «Расчет в пакетах прикладных программ антенных задач с включением дискретных активных элементов»**

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Расчетно-графическая работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 30

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Каждому студенту выдаётся индивидуальное задание

**Краткое содержание задания:**

Проверяется умение моделировать антенны и устройства СВЧ с целью анализа и оптимизации их параметров с использованием имеющихся средств исследований, включая стандартные пакеты прикладных программ

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Уметь: моделировать антенны и устройства СВЧ с целью анализа и оптимизации их параметров с использованием имеющихся средств исследований, включая стандартные пакеты прикладных программ</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Выполнить расчет удельного поглощения мощности SAR в голове пользователя сотового телефона. Модель головы состоит из трех слоев, с параметрами, полученными из литературы. Исходные данные: частота 900 МГц, мощность передатчика 0.5 Вт. Корпус сотового телефона имеет идеальную проводимость и размеры 15 см x 6 см x 2 см.</li><li>2.Рассчитать распределение температуры внутри биологического объекта, в виде трехслойной модели головы человека. Рассчитать температуру вдоль линии, пересекающей голову пользователя сотового телефона в статическом и динамическом режиме.</li><li>3.Разработать антенну-аппликатор для облучения биологического объекта. Рассчитать распределение температуры в БО для нескольких мощностей на входе антенны-аппликатора.</li><li>4.Моделирование СВЧ печи (экранированной с магнетроном внутри) при помещении внутрь биологического объекта с различными характеристиками: диэлектрической проницаемостью и потерями. Рассчитать поле и температуру в среде.</li><li>5.Выполнить расчет и оптимизацию геометрии активной антенны системы радиопозиционирования (RFID). Исходные данные: частота 900 МГц, входной импеданс ЧИПа равен <math>14 - j800</math> Ом. Антенную систему выполнить на подложке толщиной 0.5 мм с проницаемостью 4.</li><li>6.Выполнить расчет антенной системы беспилотного летательного аппарата. Частота 75 МГц, мощность излучения 1 Вт. Выполнить оптимизацию антенной системы в виде антенны Яги-Удо по критерию максимально КНД, на корпусе беспилотного летательного аппарата длиной 3 метра и диаметром</li></ol>
---	--

	<p>0.5 м.</p> <p>7.Выполнить численное моделирование антенны бегущей волны, выполненной в виде диэлектрического стержня диаметром 15 мм и проницаемостью 2.5. Найти оптимальный профиль, при котором антенна имеет максимальный КНД и минимальный уровень боковых лепестков на частоте 8 ГГц.</p> <p>8. Выполнить расчет антенной решетки, состоящей из линейки 25 элементов, каждый из которых представляет собой щель, образованную волноводом 11 мм на 23 мм. Рассчитать ДН и КСВ каждой отдельной антенны в диапазоне сканирования решетки от 0 до 90 градусов по обеим плоскостям.</p> <p>9.Выполнить численное моделирование антенны бегущей волны, в виде диэлектрического стержня диаметром 15 мм и проницаемостью 2.5. Найти оптимальный профиль, который имеет максимальный КНД и минимальный уровень боковых лепестков на частоте 8 ГГц.</p> <p>10.Рассчитать двухзеркальную антенну по схеме Кассегрена, состоящую из рупорной антенны и двух зеркал, и работающую на частоте 10ГГц. Рассчитать ДН и оптимизировать размеры антенны, чтобы получить максимальное значение КНД. Промоделировать облучение металлического листа при помощи данной антенны над плоскостью и получить ЭПР (RCS) этого листа.</p> <p>11.Рассчитать аномальные резонансные частоты и выбрать параметры элемента антенной решетки так, чтобы аномальные резонансные частоты сдвинулись вне рабочего диапазона. Выполнить моделирование, используя периодические граничные условия; канал Флоке. Рассчитать диаграмму сканирования в диапазоне углов от 0 до 90 град.</p> <p>12.Выполнить моделирование и рассчитать диаграмму направленности, а также ближнее поле в сечении линзы Люнеберга. Внешний диаметр 440 мм Число слоев 20, ширина слоя 22 мм. Изменение проницаемости от 2-х до 1 (внешний) по закону.</p> <p>13.Моделирование катеттера, в биологической среде (печень). Рассчитать распределение температуры при различных мощностях возбуждения катеттера</p> <p>14.Проектирование транзисторного СВЧ усилителя мм диапазона волн. Использовать S-параметры транзистора «Принц» (В.Новгород). Центральная частота 30 ГГц.</p> <p>15.Выполнить расчет и оптимизацию геометрии активной антенны системы радиопознания (RFID). Исходные данные: частота 900 МГц, входной импеданс ЧИПа равен <math>14 - j800</math> Ом. Антенную систему выполнить на подложке толщиной 0.5 мм с</p>
--	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 8 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Зачет с оценкой

### Пример билета

1. Что такое коэффициент устойчивости транзисторного СВЧ усилителя и от чего он зависит?
2. Как в HFSS задается волноводный порт?
3. Выбрать размеры зеркальной параболической антенны, которая обеспечит КНД не менее 30 дБ?

### Процедура проведения

Каждому студенту выдаётся билет. В билете три вопроса.

### *1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины*

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-1пк-2 Знает методы выполнения расчетов основных технических характеристик радиоэлектронных устройств

### Вопросы, задания

1. Сущность метода конечных элементов. Какие характеристики СВЧ устройств рассчитываются в HFSS?
2. Показать на диаграмме Смита, как согласуются импеданс антенны  $10 + j20$  Ом с импедансом чипа  $20 - j50$  Ом.
3. Вид базисной функции в методе моментов. Алгоритм решения электродинамической задачи в HFSS.
4. Как выполнить расчет с помощью HFSS фильтра с дискретными компонентами R, L, C?
5. Как создать в HFSS рабочую систему координат под углом 45 градусов к глобальной системе координат?
6. Рассчитать размеры и входной импеданс полуволнового проволочного вибратора на частоте 1 ГГц.
7. Раскройте алгоритм решения электродинамической задачи, реализованный в HFSS. Какие другие методы расчета реализованы в комплексе HFSS Ansoft?
8. Какие требования накладываются на характеристики антенны с круговой поляризацией? Приведите структуру антенны с линейной поляризацией и с круговой поляризацией
9. Как увидеть ближнее поле антенны? Как вывести значения ближнего поля на график?
10. Как уменьшить задачу в 4 раза при анализе отрезка прямоугольного волновода (работающего на основной моде H<sub>10</sub>)?
11. Вывести формулу связи угла излучения антенной решетки и разности фаз между соседними антеннами.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Что является моделью генератора с внутренним сопротивлением

Ответы:

1. Волновой порт
2. Источник в виде элементарного тока

3. Сосредоточенный порт

Верный ответ: 3. Сосредоточенный порт

2. Характеристическое сопротивление может быть однозначно определено

Ответы:

1. Для металлического волновода

2. Для диэлектрического волновода

3. Для линии передачи с однородным диэлектриком

4. Для линии передачи с неоднородным диэлектриком, например, микрополосковой линии

Верный ответ: 3. Для линии передачи с однородным диэлектриком

3. В дальней зоне поле

Ответы:

1. Убывает как  $1/r$

2. Убывает как  $1/r^2$

3. Убывает как  $1/r^{1/2}$

4. Растет как  $r$

Верный ответ: 1. Убывает как  $1/r$

4. В дальней зоне поле имеет вид

Ответы:

1. Плоской волны

2. Сферической волны

3. Цилиндрической волны

Верный ответ: 2. Сферической волны

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-2ПК-2 Знает методы построения структурных схем радиоэлектронного устройства и подсистем радиоэлектронных систем и комплексов, реализующих требуемые алгоритмы обработки

### Вопросы, задания

1. Где находится фазовый центр параболической антенны и как ставится рупорная антенна относительно параболической антенны?

2. Какие электродинамические методы реализованы в HFSS и как они применяются при решении данной задачи?

3. В каких случаях нужно применять периодические граничные условия?

4. Как устанавливаются моды в канале Флоке?

5. Как рассчитать ДН антенной решетки?

6. Понятие многопараметрического синтеза и многокритериальной оптимизации.

7. Как рассчитываются резонансные частоты цилиндрического резонатора?

8. Как рассчитывается входной импеданс квадрифилярной антенны?

9. Как возбудить волновод высшим типом волн  $H_{20}$ ?

10. Алгоритм расчета двухзеркальной антенны в системе HFSS

11. Алгоритм расчета транзисторного СВЧ усилителя на HFSS.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. На поверхности металла с конечной проводимостью выполняются граничные условия

Ответы:

1. Импедансные с изотропным импедансом (число)

2. Импедансные с анизотропным импедансом (тензор)

3. Равенства нулю тангенциального электрического поля

4. Равенства нулю нормального электрического поля

Верный ответ: 1. Импедансные с изотропным импедансом (число)

2. Линия передачи это продольно однородная структура, содержащая

Ответы:

1. Один проводник

2. Два проводника

3. Два и более проводников

Верный ответ: 3. Два и более проводников

3. Верхняя граница рабочего диапазона волновода определяется

Ответы:

1. Частотой, на которой затухание основной волны становится недопустимо большим

2. Критической частотой основной волны

3. Критической частотой волны высшего типа

Верный ответ: 3. Критической частотой волны высшего типа

4. Нижняя граница рабочего диапазона линии передачи равна

Ответы:

1. Критической частоте основной волны

2. Критической частоте волны высшего типа

3. Нулю

Верный ответ: 1. Критической частоте основной волны

**3. Компетенция/Индикатор:** ИД-3ПК-2 Умеет проводить компьютерное моделирование радиоэлектронных устройств в специализированных САПР на основе базовых алгоритмов формирования, передачи, приема и обработки радиосигналов

### Вопросы, задания

1. Как и в каких случаях в СВЧ структуре устанавливается волноводный и дискретный порт?

2. Рассчитать размеры папч-антенны на подложке с проницаемостью 4, работающей на частоте 1 ГГц.

3. Пояснить, на примере волноводного трансформатора, процесс: оптимизации, статистического анализа и расчет выхода годных.

4. Как рассчитывается диаграмма направленности фазированной антенной решетки (3 метода).

5. Как рассчитать входной импеданс квадрифилярной антенны (с 4 портами).

6. Нарисуйте конструкцию планарной антенны, которая имеет приоритетное направление излучения.

7. Методы анализа фазированной антенной решетки, реализованные в программах электродинамического моделирования.

8. Процесс моделирования отрезка круглого волновода, по которому распространяется волна E<sub>11</sub>

9. Предложить метод расчета транзисторного СВЧ усилителя, используя HFSS

10. Метод конечных элементов. Изложить алгоритм расчета электродинамической задачи, доведенной до системы линейных уравнений.

11. Алгоритм моделирования ферритового циркулятора с помощью HFSS.

12. Показать последовательность расчета собственных частот резонатора на HFSS.

13. Последовательность проектирования фильтра с помощью программ ЭД моделирования. Спроектировать полосовой фильтр 2-го порядка.

14. Как в системе HFSS рассчитывается зависимость частотной характеристики волноводного фильтра от температуры окружающей среды.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Какой параметр описывает передачу энергии электромагнитным полем через поверхность S

Ответы:

1. Вектор электрического поля

2. Интеграл от действительной части вектора Пойнтинга по поверхности S

3. Интеграл по поверхности  $S$  от вектора электрического поля

4. Вектор Пойнтинга

5. Действительная часть вектора Пойнтинга

Верный ответ: 2. Интеграл от действительной части вектора Пойнтинга по поверхности  $S$

2. Зависят ли сторонние токи от электромагнитного поля

Ответы:

1. Зависят

2. Не зависят

3. Зависят, но очень слабо

Верный ответ: 2. Не зависят

3. Структура невзаимна, если

Ответы:

1. В ней есть анизотропные среды

2. В ней есть гиротропные среды

3. В ней есть магнито-диэлектрики

Верный ответ: 2. В ней есть гиротропные среды

4. В структуре с одной плоскостью симметрии в плоскости симметрии имеется максимум тангенциального магнитного поля. Какую стенку можно разместить в плоскости симметрии, не исказив при этом исходное поле?

Ответы:

1. 1. Идеальную магнитную

2. Идеальную электрическую

Верный ответ: 2. Идеальную электрическую

5. Электрический ток параллельный идеально проводящей поверхности имеет зеркальное изображение в виде

Ответы:

1. 1. Перпендикулярного поверхности электрического тока

2. Параллельного поверхности электрического тока с тем же направлением

3. Параллельного поверхности электрического тока с противоположным направлением

4. Параллельного поверхности магнитного тока с противоположным направлением

Верный ответ: 3. Параллельного поверхности электрического тока с

противоположным направлением

## ***II. Описание шкалы оценивания***

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня

### ***III. Правила выставления итоговой оценки по курсу***

Оценка определяется в соответствии с Положением о больно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и зачетной составляющих.