

**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: Радиотехника**

**Уровень образования: высшее образование - бакалавриат**

**Форма обучения: Очная**

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

**Москва  
2024**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

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

А.А.  
Курушин

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

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

П.С.  
Остапенков

Заведующий  
выпускающей  
кафедрой

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

П.С.  
Остапенков

## 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

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 Тест «Основные методы и алгоритмы вычислительной электродинамики» (Тестирование)
- КМ-2 Тест «Этапы моделирования антенн и устройств СВЧ в пакетах прикладных программ» (Тестирование)
- КМ-3 Контрольная работа "Расчет излучения рупорной антенны в пакетах прикладных программ" (Контрольная работа)

- КМ-4 Контрольная работа «Оптимизация параметров делителя мощности в микрополосковом исполнении в пакетах прикладных программ» (Контрольная работа)
- КМ-5 Расчетное задание «Расчет в пакетах прикладных программ антенных задач с включением дискретных активных элементов» (Расчетно-графическая работа)

**Вид промежуточной аттестации** – Зачет с оценкой.

| 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   |

## 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:<br>методы и алгоритм электродинамического моделирования антенн и устройств СВЧ                                                                                       | КМ-1 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:<br>выбрать метод моделирования для решения конкретной задачи, приводящий к решению с заданной точностью при минимальных затратах вычислительных и временных ресурсов | КМ-2 Тест «Этапы моделирования антенн и устройств СВЧ в пакетах прикладных программ» (Тестирование)<br>КМ-3 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:<br>моделировать антенны и устройства СВЧ с целью анализа и оптимизации их параметров с использованием имеющихся средств исследований, включая стандартные пакеты     | КМ-4 Контрольная работа «Оптимизация параметров делителя мощности в микрополосковом исполнении в пакетах прикладных программ» (Контрольная работа)<br>КМ-5 Расчетное задание «Расчет в пакетах прикладных программ антенных задач с включением дискретных активных элементов» (Расчетно-графическая работа) |

|  |                                     |                     |  |
|--|-------------------------------------|---------------------|--|
|  | приема и обработки<br>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:**

| Запланированные результаты обучения по дисциплине                                  | Вопросы/задания для проверки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 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 Yee 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 («отлично»)

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 («хорошо»)

*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 («удовлетворительно»)

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 50

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

*Оценка:* 2 («неудовлетворительно»)

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не 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:**

| Запланированные результаты обучения по дисциплине                                                                                                                        | Вопросы/задания для проверки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Уметь: выбрать метод моделирования для решения конкретной задачи, приводящий к решению с заданной точностью при минимальных затратах вычислительных и временных ресурсов | <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</li></ol> |

| Запланированные результаты обучения по дисциплине | Вопросы/задания для проверки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                   | <p>определенную моду в волноводе?</p> <p>9. В каких случаях для уменьшения объема задачи устанавливается магнитная стенка, а в каких – электрическая стенка?</p> <p>10. В каких случаях нужно применять периодические граничные условия?</p> <p>11. Дайте определение и сущность портов Флоке.</p> <p>12. Методы расчета в HFSS и для решения каких задач они применяются?</p> <p>13. Как и в каких случаях в СВЧ структуре устанавливается волноводный и дискретный порт?</p> <p>14. Как рассчитать входной импеданс квадрилиарной антенны (с 4 портами).</p> |

#### **Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5 («отлично»)*

*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 («хорошо»)*

*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 («удовлетворительно»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

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

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не 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:**

| Запланированные результаты обучения по дисциплине                                                                                                                               | Вопросы/задания для проверки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <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 максимально увеличить <math> S_{21} </math> на частоте 1 ГГц.</p> <p>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).</p> <p>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.</p> <p>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 <math>10^\circ</math>, <math>20^\circ</math> и <math>30^\circ</math>.</p> <p>7.Оптимальная пирамидальная рупорная антенна</p> |

| Запланированные результаты обучения по дисциплине | Вопросы/задания для проверки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                   | <p>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>8.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>9.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> <p>10.Оптимальная пирамидальная рупорная антенна должна обеспечить в главных плоскостях одинаковую ширину диаграммы направленности по нулям в <math>30^\circ</math> на волне <math>\lambda=4</math> см. Определите основные размеры рупора. Выполните моделирование данной антенны</p> <p>11.Оптимальная пирамидальная рупорная антенна имеет квадратный раскрыв со стороной квадрата в 15 см. Длина волны <math>\lambda=3</math> см. Определите ширину диаграммы направленности по нулям и КНД антенны. Выполните моделирование данной антенны</p> <p>12.При каком соотношении сторон прямоугольного раскрыва с равномерным распределением в Е-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</p> |

| Запланированные результаты обучения по дисциплине | Вопросы/задания для проверки                                                                                                                                       |
|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                   | диаметр раскрыва 40 см на волне $\lambda=5$ см.<br>Определите длину рупора, ширину диаграммы направленности по нулям и КНД. Выполните моделирование данной антенны |

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5 («отлично»)*

*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 («хорошо»)*

*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 («удовлетворительно»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

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

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не 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:**

| Запланированные результаты обучения по дисциплине                                                                                                                                        | Вопросы/задания для проверки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Уметь: моделировать антенны и устройства СВЧ с целью анализа и оптимизации их параметров с использованием имеющихся средств исследований, включая стандартные пакеты прикладных программ | 1. Рассчитать микрополосковую линию длиной 10 мм, шириной 2 мм на подложке толщиной 1 мм<br>проницаемостью 10 на программах HFSS.<br>2. Проектирование гибридного кольца в диапазоне 2.2 ГГц-2.3 ГГц. Устройство должно располагаться на подложке из материала ФАФ размером 70мм*70мм.<br>3. Проектирование квадратного моста в диапазоне 2.2 ГГц-2.3 ГГц. Устройство |

| Запланированные результаты обучения по дисциплине | Вопросы/задания для проверки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                   | <p>должно располагаться на подложке из материала ФАФ размером 70мм*70мм.</p> <p>4.Проектирование квадратного моста в диапазоне 1.2 ГГц-1.3 ГГц. Устройство должно располагаться на подложке из материала ФАФ размером 70мм*70мм.</p> <p>5.Проектирование гибридного кольца в диапазоне 1.2 ГГц-1.3 ГГц. Устройство должно располагаться на подложке из материала ФАФ размером 70мм*70мм.</p> <p>6.Рассчитать микрополосковую линию длиной 12 мм, шириной 2 мм на подложке толщиной 1 мм<br/>проницаемость 8 на программах HFSS.</p> <p>7.Проектирование квадратного моста в диапазоне 1.7 ГГц-1.8 ГГц. Устройство должно располагаться на подложке из материала ФАФ размером 70мм*70мм.</p> <p>8.Проектирование гибридного кольца в диапазоне 1.7 ГГц-1.8 ГГц. Устройство должно располагаться на подложке из материала ФАФ размером 70мм*70мм.</p> <p>9.Рассчитать микрополосковую линию длиной 14 мм, шириной 2 мм на подложке толщиной 1 мм<br/>проницаемость 6 на программах HFSS.</p> <p>10.Проектирование квадратного моста в диапазоне 1.9 ГГц-2.0 ГГц. Устройство должно располагаться на подложке из материала ФАФ размером 70мм*70мм.</p> <p>11.Проектирование гибридного кольца в диапазоне 1.9 ГГц-2.0 ГГц. Устройство должно располагаться на подложке из материала ФАФ размером 70мм*70мм.</p> <p>12.Рассчитать микрополосковую линию длиной 8 мм, шириной 2 мм на подложке толщиной 1 мм<br/>проницаемость 12 на программах HFSS.</p> |

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5 («отлично»)*

*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 («хорошо»)*

*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 («удовлетворительно»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

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

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не 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:**

| Запланированные результаты обучения по дисциплине                                                                                                                                        | Вопросы/задания для проверки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Уметь: моделировать антенны и устройства СВЧ с целью анализа и оптимизации их параметров с использованием имеющихся средств исследований, включая стандартные пакеты прикладных программ | <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 печки (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 радиоидентификации (RFID). Исходные данные: частота 900 МГц, входной импеданс ЧИПа равен <math>14 - j800</math> Ом.</li></ol> |

| Запланированные результаты обучения по дисциплине | Вопросы/задания для проверки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                   | <p>Антенную систему выполнить на подложке толщиной 0.5 мм с проницаемостью 4.</p> <p>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 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.</p> |

| Запланированные результаты обучения по дисциплине | Вопросы/задания для проверки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                   | <p>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 радиоидентификации (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.</p> |

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5 («отлично»)*

*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 («хорошо»)*

*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 («удовлетворительно»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

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

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не 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-ЗПК-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  $H_{11}$
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. Перпендикулярно поверхности электрического тока

2. Параллельно поверхности электрического тока с тем же направлением

3. Параллельно поверхности электрического тока с противоположным направлением

4. Параллельно поверхности магнитного тока с противоположным направлением

Верный ответ: 3. Параллельно поверхности электрического тока с противоположным направлением

## II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5 («отлично»)

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 («хорошо»)

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 («удовлетворительно»)

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

*Оценка:* 2 («неудовлетворительно»)

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа не выполнена или выполнена преимущественно неправильно

### ***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.