

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Галунин Сергей Александрович  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 24.10.2023 13:59:21  
Уникальный программный ключ:  
08ef34338325bdb0ac5a47baa5472ce36cc3fc3b



**СПбГЭТУ «ЛЭТИ»**  
ПЕРВЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина)»  
(СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)»**

---

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

**ДИСЦИПЛИНЫ**

**«МИКРОВОЛНОВЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ  
СИСТЕМЫ»**

**для подготовки бакалавров**

**по направлению**

**11.03.04 «Электроника и наноэлектроника»**

**по профилю**

**«Микроволновая электроника»**

Санкт-Петербург

2022

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Разработчики:

доцент, к.т.н., доцент Иванов В.А.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры МВЭ  
10.03.2022, протокол № 2

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией  
ФЭЛ, 24.03.2022, протокол № 01/22

Согласовано в ИС ИОТ

Начальник ОМОЛА Загороднюк О.В.

## 1 СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

|   |     |
|---|-----|
| Обеспечивающий факультет  | ФЭЛ |
| Обеспечивающая кафедра  | МВЭ |
| Общая трудоемкость (ЗЕТ)  | 4   |
| Курс  | 4   |
| Семестр   | 7   |
| <b>Виды занятий</b>   |     |
| Лекции (академ. часов)  | 17  |
| Лабораторные занятия (академ. часов)                                | 34  |
| Практические занятия (академ. часов)                                | 34  |
| Иная контактная работа (академ. часов)                              | 1   |
| Все контактные часы (академ. часов)                                 | 86  |
| Самостоятельная работа, включая часы на контроль<br>(академ. часов) | 58  |
| Всего (академ. часов)   | 144 |
| <b>Вид промежуточной аттестации</b>                                 |     |
| Экзамен (курс)  | 4   |

## **2 АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **«МИКРОВОЛНОВЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ»**

В дисциплине «Микроволновые технологические и энергетические системы» рассматривается применение микроволновых электромагнитных полей для интенсификации технологических процессов тепловой обработки материалов, химического синтеза, стерилизации материалов и продуктов. Излагаются принципы передачи энергии на большие расстояния с помощью микроволн, а также микроволновые источники света.

#### **SUBJECT SUMMARY**

#### **«MICROWAVE TECHNOLOGICAL AND ENERGY SYSTEMS»**

Application of microwave electromagnetic fields to materials processing enhancement, chemical synthesis intensification and for medical purposes are considered. Principles of energy transfer on large distances and microwave light sources are also described.

## 3 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

### 3.1 Цели и задачи дисциплины

1. Цели дисциплины: изучение основ физики взаимодействия микроволнового электромагнитного поля с веществом, принципов действия, микроволновых технологических и энергетических установок, формирование умений применения методов их расчета и проектирования, а также навыков их экспериментального исследования

2. Задачи дисциплины включают:

-получение базовых знаний в области физических принципов работы микроволновых технологических и энергетических установок и тенденций их развития;

-формирование умений расчета электрических и конструктивных параметров изучаемых микроволновых технологических и энергетических установок.

-формирование навыков экспериментального исследования современных микроволновых технологических и энергетических установок.

3. Изучение знаний о основных физических процессах, протекающих при взаимодействии переменного электромагнитного поля микроволнового диапазона с веществом, методах их математического описания, принципах действия, типах и конструкциях микроволновых технологических установок (МТУ).

4. Формирование умений рассчитывать конфигурацию, режимы работы, параметры и характеристики основных типов МТУ, обеспечивать электромагнитную совместимость и экологическую безопасность установок.

5. Освоение навыков владения методами проектирования и экспериментального исследования микроволновых технологических и энергетических устройств.

### **3.2 Место дисциплины в структуре ОПОП**

Дисциплина изучается на основе ранее освоенных дисциплин учебного плана:

1. «Математический анализ»
2. «Физика»
3. «Теоретические основы электротехники»
4. «Методы математической физики»
5. «Вакуумная и плазменная электроника»
6. «Электродинамика»
7. «Твердотельная электроника»

и обеспечивает подготовку выпускной квалификационной работы.

### 3.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен достичь следующие результаты обучения по дисциплине:

| <b>Код компетенции/<br/>индикатора<br/>компетенции</b> | <b>Наименование компетенции/индикатора компетенции</b>  |
|--|---|
| ПК-7   | Способен осуществлять технологическое сопровождение производства изделий электроники и нанoeлектроники  |
| <i>ПК-7.1</i>  | <i>Знает методическую базу измерений параметров технологических процессов и тестирования изделий электроники и нанoeлектроники</i>  |
| <i>ПК-7.2</i>  | <i>Умеет осуществлять поверку, настройку и калибровку изделий электроники и нанoeлектроники</i>   |
| <i>ПК-7.3</i>  | <i>Владеет навыками метрологического сопровождения производства изделий электроники и нанoeлектроники</i>   |
| СПК-3  | Готов участвовать в разработке приборов и устройств микроволновой вакуумной, плазменной и твердотельной электроники   |
| <i>СПК-3.2</i>   | <i>Умеет использовать нормативные и справочные данные при разработке проектно-конструкторской документации приборов и устройств микроволновой вакуумной, плазменной и твердотельной электроники</i> |
| <i>СПК-3.3</i>   | <i>Владеет навыками оформления проектно-конструкторской документации приборов и устройств микроволновой вакуумной, плазменной и твердотельной электроники</i>                                       |

## 4 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1 Содержание разделов дисциплины

#### 4.1.1 Наименование тем и часы на все виды нагрузки

| № п/п | Наименование темы дисциплины   | Лек, ач | Пр, ач | Лаб, ач | ИКР, ач | СР, ач |
|-------|--|---------|--------|---------|---------|--------|
| 1     | Тема 1. Введение   | 2       | 4      | 4       |         | 6      |
| 2     | Тема 2. Взаимодействие переменного электромагнитного поля микроволнового диапазона с веществом       | 2       | 4      | 4       |         | 6      |
| 3     | Тема 3. Источники энергии микроволновых технологических установок                                    | 2       | 4      | 4       |         | 6      |
| 4     | Тема 4. Элементы микроволновых технологических установок   | 2       | 4      | 4       |         | 6      |
| 5     | Тема 5. Контроль параметров технологического процесса  | 2       | 4      | 4       |         | 6      |
| 6     | Тема 6. Этапы проектирования Микроволновых технологических установок                                 | 2       | 4      | 4       |         | 6      |
| 7     | Тема 7. Энергетические микроволновые системы   | 2       | 4      | 4       |         | 6      |
| 8     | Тема 8. Обеспечение электромагнитной совместимости, электробезопасности и экологической безопасности | 2       | 4      | 4       | 1       | 6      |
| 9     | Тема 9. Заключение   | 1       | 2      | 2       |         | 10     |
|       | Итого, ач  | 17      | 34     | 34      | 1       | 58     |
|       | Из них ач на контроль  | 0       | 0      | 0       | 0       | 35     |
|       | Общая трудоемкость освоения, ач/зе   | 144/4   |        |         |         |        |

#### 4.1.2 Содержание

| № п/п | Наименование темы дисциплины | Содержание  |
|-------|------------------------------|---|
| 1     | Тема 1. Введение             | Предмет дисциплины "Микроволновые технологические и энергетические системы". Основные области применения микроволновой технологии. Процессы, протекающие при взаимодействии переменного электромагнитного поля микроволнового диапазона с веществом. Источники энергии МТУ, их характеристики и параметры. Электромагнитная совместимость и экологическая безопасность установок. Современные проблемы энергетики и способы их решения. |



| №<br>п/п | Наименование темы<br>дисциплины  | Содержание  |
|----------|--|---|
| 2        | Тема 2. Взаимодействие переменного электромагнитного поля микроволнового диапазона с веществом | Типы материалов -объектов микроволновой технологии, их агрегатное состояние, электрофизические и теплофизические параметры. Фазовые переходы и явления массопереноса. Экзотермические и эндотермические химические реакции. Испарение и кипение. Капиллярные явления при испарении в волокнистых и пористых материалах. Уравнение Томсона-Кельвина. Уравнения Максвелла для термодинамических сред. Граничные условия. Энергетические соотношения для термодинамических сред. Адиабатическое приближение. Методы численного решения уравнений. Уравнение теплопроводности для термодинамических сред. Граничные условия. Методы численного решения уравнения теплопроводности. Методы самосогласованного решения уравнений электродинамики и теплофизики. |
| 3        | Тема 3. Источники энергии микроволновых технологических установок                              | Требования к источникам электромагнитной энергии микроволнового диапазона. Многорезонаторные магнетроны технологического назначения, особенности их конструкции, характеристики и параметры. Магнитные системы, источники питания магнетронов, способы регулирования выходной мощности. Генераторные триоды и тетроды, многорезонаторные клистроны, клистроны, резотроды и другие типы источников энергии для технологических и энергетических целей  |
| 4        | Тема 4. Элементы микроволновых технологических установок                                       | Структурная схема МТУ. Типы рабочих камер. Камеры резонаторного типа. Способы возбуждения и обеспечения равномерности распределения поля. Способы уменьшения уровня излучения через дверцы и окна. Камеры волноводного типа. Типы волноводов для рабочих камер и режимы их работы. Способы возбуждения волноводов. Согласующие устройства. Способы обеспечения равномерной плотности распределения источников тепла в поперечном и продольном направлениях. Камеры периодического действия и конвейерные. Шлюзовые устройства. Камеры лучевого типа. Способы обеспечения равномерного распределения поля. Аппликаторы для гипертермии.  |
| 5        | Тема 5. Контроль параметров технологического процесса  | Датчики температуры, давления, расхода жидких и сыпучих материалов. Датчики проходящей мощности и коэффициента стоячей волны. Аналого-цифровые преобразователи и усилители. Аналоговые и цифровые системы управления  |

| № п/п | Наименование темы дисциплины   | Содержание  |
|-------|--|---|
| 6     | Тема 6. Этапы проектирования Микроволновых технологических установок                                 | Выбор рабочей частоты. Определение мощности установки и ее производительности. Выбор типа рабочей камеры и способа ее возбуждения. Расчет конфигурации камеры. Выбор и проектирование устройств контроля и управления технологическим процессом.  |
| 7     | Тема 7. Энергетические микроволновые системы   | Проблемы современной энергетики. Космические электростанции. Передача энергии микроволновым лучом. Космические преобразователи энергии постоянного тока в энергию микроволн и космические антенные системы.<br>Наземные приемные антенны и преобразователи энергии. КПД космической энергетической системы и проблемы ее экологической безопасности.<br>Использование мощных и сверхмощных источников энергии микроволн в горнорудной промышленности, для очистки почвы от промышленных загрязнений и в других целях. |
| 8     | Тема 8. Обеспечение электромагнитной совместимости, электробезопасности и экологической безопасности | Контроль рабочей частоты и уровня излучения. Защита персонала от поражения высоким напряжением и микроволновым излучением. Утилизация тепла и побочных продуктов технологического процесса. Способы уменьшения теплового загрязнения окружающей среды   |
| 9     | Тема 9. Заключение   | Основные проблемы микроволновой технологии и энергетики перспективы их развития   |

## 4.2 Перечень лабораторных работ

| Наименование лабораторной работы  | Количество ауд. часов |
|---|-----------------------|
| 1. Исследование магнетронного генератора для технологических целей                | 8                     |
| 2. Экспериментальное исследование распределения поля в бытовой микроволновой печи | 8                     |
| 3. Исследование установки микроволновой вакуумной сушки материалов                | 9                     |
| 4. Исследование установки для химического синтеза                                 | 9                     |
| Итого   | 34                    |

## 4.3 Перечень практических занятий

| Наименование практических занятий   | Количество ауд. часов |
|---|-----------------------|
| 1. Введение   | 4                     |
| 2. Взаимодействие переменного электромагнитного поля микроволнового диапазона с веществом | 4                     |

| <b>Наименование практических занятий</b>  | <b>Количество ауд. часов</b> |
|---|------------------------------|
| 3. Источники энергии микроволновых технологических установок                                    | 4                            |
| 4. Элементы МТУ   | 4                            |
| 5. Контроль параметров технологического процесса  | 4                            |
| 6. Этапы проектирования МТУ   | 4                            |
| 7. Энергетические микроволновые системы   | 4                            |
| 8. Обеспечение электромагнитной совместимости, электробезопасности и экологической безопасности | 4                            |
| 9. Заключение   | 2                            |
| Итого   | 34                           |

#### **4.4 Курсовое проектирование**

Курсовая работа (проект) не предусмотрены.

#### **4.5 Реферат**

Исходные данные и требования: Цель реферата более детальное изучение выбранного направления применения микроволновых технологий.

В реферате должно содержаться подробное изложение материала на заданную тему, включая список использованных источников. Разделы реферата: введение, основная часть, заключение.

Оформление работы по общепринятым в университете «Требования к оформлению научно-технических отчетов». Объем реферата: 10 -20 стр. текста с рисунками и формулами. Количество источников: 3 -6.

Подготовленный реферат отправляется на электронную почту преподавателя.

Принятым считается полно раскрывающий тему и правильно оформленный реферат,.

Темы:

| <b>№ п/п</b> | <b>Название темы</b>   | <b>Перевод темы</b> |
|--------------|--|---------------------|
| 1            | Магнетрон. Устройство. Рабочие характеристики. Особенности использования в микроволновых технологических установках. |                     |

| №<br>п/п | Название темы  | Перевод темы |
|----------|--|--------------|
| 2        | Основные направления применения микроволновой энергии. Современные тенденции развития. |              |
| 3        | Микроволновые установки для пастеризации продуктов.                                    |              |
| 4        | Микроволновые установки для обработки горных пород.                                    |              |
| 5        | Микроволновые установки сушки материалов.  |              |
| 6        | Микроволновые вакуумные установки.   |              |
| 7        | Микроволновые дефростеры.  |              |
| 8        | Микроволновые источники света.   |              |
| 9        | Термодинамические основы теплопереноса при использовании микроволновой энергии.        |              |
| 10       | Селективность нагрева микроволновой энергией.  |              |

#### **4.6 Индивидуальное домашнее задание**

Индивидуальное домашнее задание не предусмотрено.

#### **4.7 Доклад**

Доклад не предусмотрен.

#### **4.8 Кейс**

Кейс не предусмотрен.

#### **4.9 Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы**

Изучение дисциплины сопровождается самостоятельной работой студентов с рекомендованными преподавателем литературными источниками и информационными ресурсами сети Интернет.

Планирование времени для изучения дисциплины осуществляется на весь

период обучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Обучающимся, в рамках внеаудиторной самостоятельной работы, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников материал, законспектированный на лекциях. При этом на основе изучения рекомендованной литературы целесообразно составить конспект основных положений, терминов и определений, необходимых для освоения разделов учебной дисциплины.

Особое место уделяется консультированию, как одной из форм обучения и контроля самостоятельной работы. Консультирование предполагает особым образом организованное взаимодействие между преподавателем и студентами, при этом предполагается, что консультант либо знает готовое решение, которое он может предписать консультируемому, либо он владеет способами деятельности, которые указывают путь решения проблемы.

| <b>Текущая СРС</b>  | <b>Примерная<br/>трудоемкость, ач</b> |
|---|---------------------------------------|
| Работа с лекционным материалом, с учебной литературой   | 2                                     |
| Опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)                 | 0                                     |
| Самостоятельное изучение разделов дисциплины  | 2                                     |
| Выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ   | 0                                     |
| Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям                                    | 15                                    |
| Подготовка к контрольным работам, коллоквиумам  | 0                                     |
| Выполнение расчетно-графических работ   | 0                                     |
| Выполнение курсового проекта или курсовой работы  | 0                                     |
| Поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, анализ научных публикаций по заданной теме   | 4                                     |
| Работа над междисциплинарным проектом   | 0                                     |
| Анализ данных по заданной теме, выполнение расчетов, составление схем и моделей, на основе собранных данных | 0                                     |
| Подготовка к зачету, дифференцированному зачету, экзамену   | 35                                    |
| <b>ИТОГО СРС</b>  | <b>58</b>                             |

## 5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 5.1 Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

| № п/п                     | Название, библиографическое описание   | К-во экз. в библ. |
|---------------------------|--|-------------------|
| Основная литература       |  |                   |
| 1                         | Григорьев, Андрей Дмитриевич. Электродинамика и микроволновая техника [Текст] : учеб. для вузов по специальности "Электронные приборы и устройства" направления подгот. "Электроника и микроэлектроника" / А.Д. Григорьев, 2007. -703, [4] с.                  | 110               |
| 2                         | Григорьев, Андрей Дмитриевич. Микроволновая электроника [Текст] : учеб. для вузов по направлениям подгот. бакалавров и магистров "Электроника и наноэлектроника" / А. Д. Григорьев, В. А. Иванов, С. И. Молоковский ; под ред. А. Д. Григорьева, 2016. -495 с. | 123               |
| 3                         | СВЧ-энергетика [Текст] / под ред. Э. Окресса. Т. 1 : Генерирование, передача, выпрямление / пер. с англ. В. Г. Алыбина, Э. Я. Пастрона ; под ред. Э. Д. Шлифера, 1971. -463, [1] с.  | 3                 |
| 4                         | СВЧ-энергетика [Текст] / под ред. Э. Окресса. Т. 2 : Применение энергии, сверхвысоких частот в промышленности / пер. с англ. В. Г. Алыбина, Э. Я. Пастрона ; под ред. Э. Д. Шлифера, 1971. -271, [1] с.  | 3                 |
| 5                         | СВЧ-энергетика [Текст] / под ред. Э. Окресса. Т. 3 : Применение энергии сверхвысоких частот в медицине, науке и технике / пер. с англ. В. Г. Алыбина, Л. А. Музеус, Э. Я. пастрона ; под ред. Э. Д. Шлифера, 1971. -247, [1] с.                                | 3                 |
| 6                         | Известия СПбГЭТУ (ЛЭТИ) [Текст] : сб. науч. тр. Вып. 494 : Вопросы исследования электронных приборов и устройств / редкол. : А.Д. Сушков (гл. ред.) [и др.], 1996. -95 с. (Введено оглавление)   | 11                |
| Дополнительная литература |  |                   |
| 1                         | Григорьев, Андрей Дмитриевич. Электродинамика и техника СВЧ [Текст] : [Учеб. для вузов по специальности "Электрон. приборы и устройства"] / А.Д.Григорьев, 1990. -334, [1] с.  | 47                |
| 2                         | Михеев, Михаил Александрович. Основы теплопередачи [Текст] : учеб. пособие / М. А. Михеев, И. М. Михеева, 1977. -342, [1] с.   | 3                 |

### 5.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых при освоении дисциплины

| № п/п | Электронный адрес   |
|-------|---|
| 1     | справочные данные по электронным компонентам <a href="http://www.chipinfo.ru">www.chipinfo.ru</a> |

### **5.3 Адрес сайта курса**

Адрес сайта курса: <https://vec.etu.ru/moodle/course/view.php?id=14693>

## 6 Критерии оценивания и оценочные материалы

### 6.1 Критерии оценивания

Для дисциплины «Микроволновые технологические и энергетические системы» предусмотрены следующие формы промежуточной аттестации: экзамен.

#### Экзамен

| Оценка              | Описание  |
|---------------------|---|
| Неудовлетворительно | Курс не освоен. Студент испытывает серьезные трудности при ответе на ключевые вопросы дисциплины                  |
| Удовлетворительно   | Студент в целом овладел курсом, но некоторые разделы освоены на уровне определений и формулировок теорем          |
| Хорошо              | Студент овладел курсом, но в отдельных вопросах испытывает затруднения. Умеет решать задачи                       |
| Отлично             | Студент демонстрирует полное овладение курсом, способен применять полученные знания при решении конкретных задач. |



## Особенности допуска

Допуск к экзамену обучающиеся получают при выполнении реферата, 4-х защищенных лабораторных работ, наличии допуска по результатам решения задач в соответствии с методикой текущего контроля.

Экзамен проводится в устной форме по билетам, в билете 2 вопроса.

## 6.2 Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

### Вопросы к экзамену

| № п/п | Описание  |
|-------|---|
| 1     | Типы материалов -объектов микроволновой технологии, их агрегатное состояние, электрофизические и теплофизические параметры. Экзотермические и эндотермические химические реакции. |
| 2     | Методы измерения параметров материалов в микроволновом диапазоне  |
| 3     | Уравнения Максвелла для термодинамических сред. Граничные условия   |
| 4     | Энергетические соотношения для термодинамических сред. Адиабатическое приближение   |
| 5     | Методы численного решения уравнений. Уравнение теплопроводности для термодинамических сред. Граничные условия   |
| 6     | Методы численного решения уравнения теплопроводности. Применение программы CST для этих целей   |
| 7     | Метод измерения параметров материалов с использованием векторных анализаторов и программного комплекса CST  |
| 8     | Методы самосогласованного решения уравнений электродинамики и теплофизики. Характеристики программы COMSOL  |
| 9     | Многорезонаторные магнетроны технологического назначения, особенности их конструкции, характеристики и параметры. Диаграммы Рике  |
| 10    | Магнетронный зонд. Методика использования   |
| 11    | Структурная схема МТУ. ипы рабочих камер. Камеры резонаторного типа   |
| 12    | Способы возбуждения и обеспечения равномерности распределения поля  |
| 13    | Камеры волноводного типа. Типы волноводов и режимы их работы. Способы возбуждения волноводов  |
| 14    | Согласующие устройства. Способы обеспечения равномерной плотности распределения источников тепла в поперечном и продольном направлениях   |
| 15    | Камеры периодического действия и конвейерные. Шлюзовые устройства. Камеры лучевого типа. Способы обеспечения равномерного распределения поля                                      |
| 16    | Датчики температуры, давления, расхода жидких и сыпучих материалов. Датчики проходящей мощности и коэффициента стоячей волны  |
| 17    | Применение векторных анализаторов цепей для исследования свойств камер  |
| 18    | Выбор рабочей частоты. Выбор типа рабочей камеры и способа ее возбуждения   |

|    |   |
|----|---|
| 19 | Проектирование устройств контроля и управления технологическим процессом  |
| 20 | Передача энергии микроволновым лучом. Космические преобразователи энергии постоянного тока в энергию микроволн и космические антенные системы |
| 21 | Защита персонала от поражения высоким напряжением и микроволновым излучением  |
| 22 | Допустимые уровни плотности мощности на рабочем месте в РФ за рубежом   |
| 23 | Основные проблемы микроволновой технологии и энергетики перспективы их развития   |

### **Форма билета**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический  
 университет «ЛЭТИ» имени В.И. Ульянова (Ленина)»

---

### **ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1**

Дисциплина: **Микроволновые технологические и энергетические системы ФЭЛ**

1. Датчики температуры, давления, расхода жидких и сыпучих материалов. Датчики проходящей мощности и коэффициента стоячей волны. Применение векторных анализаторов цепей для исследования свойств камер

2. Передача энергии микроволновым лучом. Космические преобразователи энергии постоянного тока в энергию микроволн и космические антенные системы

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой

Д.И. Холодняк

**Образцы задач (заданий) для контрольных (проверочных) работ**

**Примеры вопросов на коллоквиуме 1:**

а. Обосновать методику измерения S- параметров образцов с разными потерями в микроволновом диапазоне 2.3...2.6 ГГц. Объяснить зависимость результатов от места расположения образца.

б. Провести верификацию результатов экспериментальных измерений и компьютерных расчетов. Использовать программы CST и AWR.

в. Провести оценку точности измерений

### **Примеры вопросов на коллоквиуме 2:**

а. Обосновать применение магнетронного зонда для анализа работы генератора в конкретной камере.

б. Изложить принцип действия диэлектрического трансформатора.

### **Примеры вопросов на коллоквиуме 3:**

а. Как выбрать размеры резонаторной камеры?

б. Сколько мод колебаний должно быть в полосе работы магнетрона?

в. Как измерять температуру образцов в печи с помощью пирометра?

Контрольные вопросы приведены в методических указаниях по выполнению лабораторных работ.

Весь комплект контрольно-измерительных материалов для проверки сформированности компетенции (индикатора компетенции) размещен в закрытой части по адресу, указанному в п. 5.3

### 6.3 График текущего контроля успеваемости

| Неделя | Темы занятий   | Вид контроля |
|--------|--|--------------|
| 3      | Тема 2. Взаимодействие переменного электромагнитного поля микроволнового диапазона с веществом   | Коллоквиум   |
| 6      | Тема 3. Источники энергии микроволновых технологических установок<br>Тема 4. Элементы микроволновых технологических установок<br>Тема 5. Контроль параметров технологического процесса<br>Тема 6. Этапы проектирования Микроволновых технологических установок   | Коллоквиум   |
| 16     | Тема 3. Источники энергии микроволновых технологических установок<br>Тема 4. Элементы микроволновых технологических установок<br>Тема 5. Контроль параметров технологического процесса<br>Тема 6. Этапы проектирования Микроволновых технологических установок<br>Тема 7. Энергетические микроволновые системы | Реферат      |
| 17     | Тема 7. Энергетические микроволновые системы<br>Тема 8. Обеспечение электромагнитной совместимости, электробезопасности и экологической безопасности   | Коллоквиум   |

### 6.4 Методика текущего контроля

#### 1. Методика текущего контроля на лекционных занятиях.

1.1. Текущий контроль включает в себя:

- контроль посещаемости (не менее 80% занятий),

#### 2. Методика текущего контроля на лабораторных занятиях.

2.1. Порядок выполнения лабораторных работ, подготовки отчетов и их защиты.

В процессе обучения по дисциплине студент обязан выполнить 4 лабораторные работы. Под выполнением лабораторных работ подразумевается подготовка к работе, проведение экспериментальных исследований, подготовка отчета и его защита на коллоквиуме. Выполнение лабораторных работ студентами осуществляется в бригадах до 2-3 человека. Оформление отчета студентами осуществляется индивидуально в соответствии с принятыми в СПбГЭТУ

правилами оформления студенческих работ. Отчет оформляется после выполнения экспериментальных исследований и представляется преподавателю на проверку. После проверки отчет либо возвращается (при наличии замечаний) на доработку, либо подписывается к защите.

Лабораторные работы защищаются студентами индивидуально. Каждый студент получает вопрос по теоретической части, или по процедуре проведения экспериментальных исследований, или по последующей обработке результатов, после чего ему предоставляется время для подготовки ответа. При обсуждении ответа преподаватель может задать несколько уточняющих вопросов. В случае если студент демонстрирует достаточное знание вопроса, работа считается защищенной.

На защите лабораторной работы студент должен показать: понимание методики исследования и знание особенностей её применения, понимание и умение объяснять особенности применяемых методов, возможные области их применения и т.д., умение давать качественную и количественную оценку полученных экспериментальных результатов и прогнозировать реакции исследуемого объекта на различные воздействия, навыки и умения, приобретенные при выполнении лабораторной работы.

2.2. Текущий контроль включает в себя:

- выполнение и сдачу в срок отчетов по всем лабораторным работам;
- защиту на коллоквиуме всех лабораторных работ, оценка за которые по четырехбалльной шкале выставляется по следующим критериям:
  - «отлично» - на заданные вопросы даны исчерпывающие ответы,
  - «хорошо» - вопросы раскрыты не полностью,
  - «удовлетворительно» - ответы в принципе правильны, но в формулировках имеются существенные ошибки,
  - «неудовлетворительно» - отсутствуют ответы на вопросы или содержа-

ние ответа не совпадает с поставленным вопросом.

### **3. Критерии оценки реферата:**

”отлично” - правильно описан принцип действия устройства; правильно описан алгоритм расчета параметров устройства; качество оформления соответствует требованиям.

”хорошо” - правильно описан принцип действия устройства; правильно описан алгоритм расчета параметров устройства; качество оформления соответствует требованиям; качество оформления не соответствует требованиям, наличие грамматических ошибок.

”удовлетворительно” - правильно описан принцип действия устройства; неправильно описан алгоритм расчета параметров устройства; качество оформления соответствует требованиям; качество оформления не соответствует требованиям, наличие грамматических ошибок.

”неудовлетворительно” - реферат не выполнен

### **4. Методика текущего контроля самостоятельной работы студентов.**

Контроль самостоятельной работы студентов осуществляется на лекционных, практическим и лабораторных занятиях студентов по методикам, описанным в п.п. 1-2.

## 7 Описание информационных технологий и материально-технической базы

| Тип занятий            | Тип помещения                        | Требования к помещению  | Требования к программному обеспечению                    |
|------------------------|--------------------------------------|---|--|
| Лекция                 | Лекционная аудитория                 | Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, меловая или маркерная доска.   |  |
| Лабораторные работы    | Лаборатория                          | Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, лабораторный стенд для изучения микроволновой технологической установки или ее элементов |  |
| Практические занятия   | Аудитория                            | Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, ноутбук, проектор, экран, меловая или маркерная доска.                                   | 1) Windows XP и выше;<br>2) Microsoft Office 2007 и выше |
| Самостоятельная работа | Помещение для самостоятельной работы | Оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.                | 1) Windows XP и выше;<br>2) Microsoft Office 2007 и выше |

## **8 Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ**

Адаптированная программа разрабатывается при наличии заявления со стороны обучающегося (родителей, законных представителей) и медицинских показаний (рекомендациями психолого-медико-педагогической комиссии). Для инвалидов адаптированная образовательная программа разрабатывается в соответствии с индивидуальной программой реабилитации.



## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

| <b>№<br/>п/п</b> | <b>Дата</b> | <b>Изменение</b> | <b>Дата и номер протокола<br/>заседания УМК</b> | <b>Автор</b> | <b>Начальник<br/>ОМОЛА</b> |
|------------------|-------------|------------------|---|--------------|----------------------------|
|                  |             |                  |   |              |                            |
|                  |             |                  |   |              |                            |
|                  |             |                  |   |              |                            |
|                  |             |                  |   |              |                            |
|                  |             |                  |   |              |                            |