

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

---

Направление подготовки/специальность: 12.04.04 Биотехнические системы и технологии

Наименование образовательной программы: Радиозлектроника в биотехнических и медицинских аппаратах и системах

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**МИКРОВОЛНЫ В МЕДИЦИНЕ**

<b>Блок:</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы:</b>	<b>Часть, формируемая участниками образовательных отношений</b>
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	<b>Б1.Ч.06</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>3 семестр - 3;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>108 часов</b>
<b>Лекции</b>	<b>3 семестр - 16 часов;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>3 семестр - 16 часов;</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Консультации</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>3 семестр - 75,7 часа;</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>включая:</b> <b>Контрольная работа</b> <b>Домашнее задание</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Зачет с оценкой</b>	<b>3 семестр - 0,3 часа;</b>

**Москва 2022**

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Седанкин М.К.
	Идентификатор	Rddbe5125-SedankinMK-c12a6fbf

(подпись)

М.К. Седанкин

(расшифровка подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Жихарева Г.В.
	Идентификатор	Rdb27a5d8-ZhikharevaGV-9fcbf8c

(подпись)

Г.В. Жихарева

(расшифровка подписи)

Заведующий выпускающей  
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Шалимова Е.В.
	Идентификатор	Rf4bb1f0c-ShalimovaYV-f267ebd6

(подпись)

Е.В. Шалимова

(расшифровка подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** изучение применения микроволнового излучения в медицине, изучение медицинских изделий, перспективных медицинских технологий, использующих микроволны, а также освоения вопросов проектирования для успешного формирования навыков выполнения инженерной и научной работы в области разработки медицинской аппаратуры.

### Задачи дисциплины

- – изучение закономерностей взаимодействия микроволнового излучения с биологическими объектами;
- приобретение навыков анализа современного состояния проблем в области применения микроволн в медицине и биомедицинской инженерии в целом;
- изучение теоретических основ построения изделий медицинской диагностики и терапии, использующих микроволновое излучение;
- формирование навыков проектирования микроволновых медицинских изделий с помощью систем автоматизированного проектирования;
- приобретения навыков математического моделирования электромагнитных полей при работе с биологическими объектами..

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-1 Способен проводить исследования в области создания биотехнических систем	ИД-2ПК-1 Выполняет математическое моделирование процессов и объектов биотехнических систем	знать: - особенности взаимодействия микроволнового излучения с биологическими объектами; методологию проведения научных исследований; основы разработки и постановки на производство медицинских изделий на примере приборов и аппаратов, использующих микроволновое излучение, а также методологию научного поиска и анализа информации для формирования данных для математического моделирования.  уметь: - анализировать электрофизические свойства тканей живого организма и особенности распространения в них микроволнового излучения, а также пользоваться программными средствами математического моделирования и системами автоматизированного проектирования для разработки медицинских изделий на примере приборов и аппаратов, использующих микроволновое излучение на основе анализа уровня, проводить патентные исследования в предметной области и анализ

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
		информационных источников.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Радиоэлектроника в биотехнических и медицинских аппаратах и системах (далее – ОПОП), направления подготовки 12.04.04 Биотехнические системы и технологии, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать – общие разделы высшей математики и физики (уравнения Максвелла и др.); – терминологию в области электродинамики, теории антенн, высшей математики и физики, в том числе на иностранном языке. – основы теорию электромагнитного поля (характеристики электромагнитных волн, энергетическую теорему Умова-Пойтинга и др.); – современные схемные решения, применяемые при практической реализации медицинских электронных приборов, аппаратов и систем; – основы электродинамики и теории антенн (излучатели, волноводы, типы волн, их характеристики и др.); – первичные сведения о системах автоматизированного проектирования и программах численного моделирования.

- уметь – пользоваться научно-технической литературой в области тематики дисциплины; – пользоваться некоторыми системами автоматизированного проектирования и программами численного моделирования; – пользоваться нормативно-технической документацией для разработки и постановки на производство медицинских изделий, в том числе специального программного обеспечения.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания	
				Контактная работа							СР				
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль		
КПР	ГК	ИККП	ТК												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	Особенности электромагнитного излучения микроволнового диапазона	6	3	1	-	1	-	-	-	-	-	4	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Особенности электромагнитного излучения микроволнового диапазона" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 414-415 [2], стр.22-98</p>	
1.1	Особенности электромагнитного излучения микроволнового диапазона	6		1	-	1	-	-	-	-	-	4	-		
2	Взаимодействие микроволн с биологическими объектами.	9		1	-	2	-	-	-	-	-	6	-		<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Взаимодействие микроволн с биологическими объектами." <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Взаимодействие микроволн с биологическими объектами." подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [5], стр. 270-276</p>
2.1	Взаимодействие микроволн с биологическими объектами.	9		1	-	2	-	-	-	-	-	6	-		
3	Действие СВЧ-излучения на организм человека	5		1	-	1	-	-	-	-	-	3	-		<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Действие СВЧ-излучения на организм человека"</p>
3.1	Действие СВЧ-излучения на организм человека	5		1	-	1	-	-	-	-	-	3	-		

	организм человека												
4	Основные характеристики и принципы построения приборов для микроволновой терапии.	10	2	-	-	-	-	-	-	-	8	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Основные характеристики и принципы построения приборов для микроволновой терапии." <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b>
4.1	Основные характеристики и принципы построения приборов для микроволновой терапии.	10	2	-	-	-	-	-	-	-	8	-	[5], стр. 276-281
5	Основные характеристики и принципы построения приборов микроволновой диагностики	4	1	-	-	-	-	-	-	-	3	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Основные характеристики и принципы построения приборов микроволновой диагностики" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b>
5.1	Основные характеристики и принципы построения приборов микроволновой диагностики	4	1	-	-	-	-	-	-	-	3	-	[4], стр. 11-16
6	Микроволновая радиотермометрия как метод диагностики в медицине	16	8	-	-	-	-	-	-	-	8	-	<b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Патентные исследования в соответствии с ГОСТ Р 15.011-96 <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b>
6.1	Основы микроволновой радиотермометрии	16	8	-	-	-	-	-	-	-	8	-	[3], стр. 240-260 [8], с.10-44
7	Основные характеристики и принципы построения приборов КВЧ-диапазона	6	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Основные характеристики и принципы построения приборов КВЧ-диапазона" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b>
7.1	Основные характеристики и	6	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	[5], стр.281-287

	принципы построения приборов КВЧ-диапазона												
8	Основы проектирования и математического моделирования микроволновых приборов	34	2	-	12	-	-	-	-	-	20	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Основы проектирования и математического моделирования микроволновых приборов" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b>
8.1	Основы проектирования и математического моделирования микроволновых приборов	34	2	-	12	-	-	-	-	-	20	-	[6], стр.10-14 [7], стр.10-159 [9], стр.5-223
	Зачет с оценкой	18.0	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	17.7	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>108.0</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.3</b>	<b>58</b>	<b>17.7</b>	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>108.0</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.3</b>	<b>75.7</b>		

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПР – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

## 3.2 Краткое содержание разделов

### 1. Особенности электромагнитного излучения микроволнового диапазона

#### 1.1. Особенности электромагнитного излучения микроволнового диапазона

Биотехнические системы и микроволновое излучение: аспекты специальности.. Основоположники применение микроволн в медицине.. Поддиапазоны: УВЧ, СВЧ, КВЧ. Обозначения за рубежом.. Уравнения Максвелла, их физический смысл.. Радиочастотные линии передачи: волноводные, микрополосковые, коаксиальные..

### 2. Взаимодействие микроволн с биологическими объектами.

#### 2.1. Взаимодействие микроволн с биологическими объектами.

Особенности распространения электромагнитных волн в биологических тканях.. Электродинамические характеристики биологических тканей. Комплексная диэлектрическая проницаемость и электропроводность.. Частотно-зависимые свойства биологических тканей: «условная» норма и патология. Явления отражения и преломления электромагнитных волн на границе раздела сред.. Законы Снелиуса. Коэффициенты отражения, поглощения, преломления..

### 3. Действие СВЧ-излучения на организм человека

#### 3.1. Действие СВЧ-излучения на организм человека

Воздействие ЭМИ на организм человека. Классификация видов воздействия: энергетическое и информационное.. Зависимость эффекта воздействия от частоты и мощности ЭМИ. Выбор времени воздействия.. Схема основных типов биофизических эффектов при взаимодействии электромагнитных полей с живыми системами. Почему действие СВЧ-излучения потенциально опаснее радиоактивного? Нормирование допустимых уровней облучения. Российский национальный комитет по защите от неионизирующего излучения. ПДУ для населения.. Экранирование. Методика расчета защитных свойств излучения на организм человека. Экранирующие материалы и покрытия. Средства измерения интенсивности ЭМИ..

### 4. Основные характеристики и принципы построения приборов для микроволновой терапии.

#### 4.1. Основные характеристики и принципы построения приборов для микроволновой терапии.

Терапевтический СВЧ-прогрев. Аппаратура для СВЧ-прогрева. Излучатели для физиотерапии. Особенности процедуры. Два подхода в проведении терапии. Лечебный эффект от СВЧ-прогрева.. Особенности процедуры. Два подхода в проведении терапии. Лечебный эффект от СВЧ-прогрева. СВЧ-рефлексотерапия. Особенности и лечебный эффект.. СВЧ-Гипертермия. Основные принципы. Проблема контроля температуры тканей. Виды облучателей.. Аппаратура для СВЧ-гипертермии. Особенности процедуры. Неоднозначность применения. Фазированные антенные решётки для гипертермии..

### 5. Основные характеристики и принципы построения приборов микроволновой диагностики

#### 5.1. Основные характеристики и принципы построения приборов микроволновой диагностики

Понятие о функциональных и структурных методах диагностики.. Радиолокационные методы в медицинской диагностике. Основные принципы. Диагностика отека легких, мозга, функционального состояния пациента.. СВЧ-плетизмография. СВЧ-интроскопия. Микроволновая томография или СВЧ-томографические методы.. Сверхширокополосный измеритель скорости пульсовой волны. Схема интерферометра для измерения амплитуды тремора рук. Гибридные акусто-микроволновые методы..

## 6. Микроволновая радиотермометрия как метод диагностики в медицине

### 6.1. Основы микроволновой радиотермометрии

Пассивные методы диагностики: контактные и бесконтактные. История развития. Отличие пассивных методов от активных. Физические основы.. Аппаратура микроволновой радиотермометрии: антенна, радиометр, устройство обработки информации. Схемы радиометров медицинского назначения: радиометр полной мощности, радиометр Дайка, балансный нуль-радиометр.. Методы проведения исследований. Области применения. Радиотермометрия в маммологии. Рак молочных желёз. Электрофизические и тепловые параметры опухоли. Проектирование аппаратуры для радиотермометрии. Математическая модель метода. Различные типы медицинских антенн: волноводные, печатные, вибраторные. Технические и конструктивные требования, предъявляемые к антеннам. Параметры и характеристики медицинских антенн. Методика расчета медицинских антенн.. Современные медицинские радиотермометры. Инновации в научно-технической сфере..

## 7. Основные характеристики и принципы построения приборов КВЧ-диапазона

### 7.1. Основные характеристики и принципы построения приборов КВЧ-диапазона

Биологический объект как радиофизическая среда. Феномен воздействия КВЧ-излучения на биологические объекты.. Взаимодействие КВЧ-излучения и биологических объектов. Резонансные свойства живой клетки.. Особенности строения мембраны как кольцевого резонатора. Механизм действия КВЧ-излучения на здоровый организм. Характеристики действия мм-волн на живые организмы. Ключевые эффекты КВЧ-воздействия.. Методы КВЧ-терапии. Обзор гипотез, объясняющих механизм действия КВЧ-излучения на живые организмы..

## 8. Основы проектирования и математического моделирования микроволновых приборов

### 8.1. Основы проектирования и математического моделирования микроволновых приборов

Основы проектирование микроволновых медицинских изделий в САПР: простая и сложная конфигурация.. Основы разработки конструкторской документации в САПР применительно к микроволновым приборам. Патентные исследования, научная и инновационная деятельность в области микроволновой медицинской техники.. Особенности создания и использования технической документации в области микроволновой техники в соответствии с ГОСТ и НТД для медицинских изделий.. Математическое моделирование электромагнитных и тепловых процессов в биологических объектах..

## **3.3. Темы практических занятий**

1. Расчёт коэффициента затухания электромагнитной волны;
2. Изучение электродинамических характеристик биологических объектов;
3. Расчёт распределения мощности волны, падающей на биологические ткани для различных частот. Расчёт защитных свойств сплошных и сетчатых экранов.;
4. Контрольная работа: «Расчёт распределения мощности и расчёт защитных свойств

сплошных и сетчатых экранов».);

5. Проектирование микроволновых медицинских изделий в САПР.;

6. Проектирование микроволновых медицинских изделий в ходе НИР, ОКР, НИОКТР. №2.;

7. Расчёт температуры биологических тканей при СВЧ-прогреве.;

8. Проектирование микроволновых медицинских изделий в ходе НИР, ОКР, НИОКТР №1..

#### **3.4. Темы лабораторных работ не предусмотрено**

#### **3.5 Консультации**

#### **3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ Курсовой проект/ работа не предусмотрены**

### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)								Оценочное средство (тип и наименование)	
		1	2	3	4	5	6	7	8		
<b>Знать:</b>											
особенности взаимодействия микроволнового излучения с биологическими объектами; методологию проведения научных исследований; основы разработки и постановки на производство медицинских изделий на примере приборов и аппаратов, использующих микроволновое излучение, а также методологию научного поиска и анализа информации для формирования данных для математического моделирования	ИД-2ПК-1	+	+	+							Контрольная работа/Особенности ЭМИ микроволнового диапазона Взаимодействие микроволн с биологическими объектами Действие СВЧ-излучения на организм человека  Контрольная работа/Расчёт распределения мощности и расчёт защитных свойств сплошных и сетчатых экранов
<b>Уметь:</b>											
анализировать электрофизические свойства тканей живого организма и особенности распространения в них микроволнового излучения, а также пользоваться программными средствами математического моделирования и системами автоматизированного проектирования для разработки медицинских изделий на примере приборов и аппаратов, использующих микроволновое излучение на основе анализа уровня, проводить патентные исследования в предметной области и анализ информационных источников	ИД-2ПК-1				+	+	+	+	+		Контрольная работа/Математическое моделирование процессов и объектов биотехнических систем с помощью программ численного моделирования и систем автоматизированного проектирования  Домашнее задание/Проведение патентных исследований по тематике дисциплины

## **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

#### **3 семестр**

Форма реализации: Письменная работа

1. Математическое моделирование процессов и объектов биотехнических систем с помощью программ численного моделирования и систем автоматизированного проектирования (Контрольная работа)
2. Особенности ЭМИ микроволнового диапазона Взаимодействие микроволн с биологическими объектами Действие СВЧ-излучения на организм человека (Контрольная работа)
3. Расчёт распределения мощности и расчёт защитных свойств сплошных и сетчатых экранов (Контрольная работа)

Форма реализации: Смешанная форма

1. Проведение патентных исследований по тематике дисциплины (Домашнее задание)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

*Зачет с оценкой (Семестр №3)*

Оценка определяется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ». В приложение к диплому выносятся оценка за 3 семестр.

В диплом выставляется оценка за 3 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Биофизика для инженеров. В 2 т. Т.1. Биоэнергетика, биомембранология и биологическая электродинамика : учебное пособие для вузов по направлению 653900 "Биомедицинская техника" и направлению 553400 "Биомедицинская инженерия" / Е. В. Бигдай, и др. ; Ред. С. П. Вихров, В. О. Самойлов . – М. : Горячая Линия-Телеком, 2008 . – 496 с. - ISBN 978-5-9912004-8-6 .;
2. Биофизика для инженеров. В 2 т. Т.2. Биомеханика, информация и регулирование в живых системах : учебное пособие для вузов по направлению 653900 "Биомедицинская техника" и направлению 553400 "Биомедицинская инженерия" / Е. В. Бигдай, и др. ; Ред. С. П. Вихров, В. О. Самойлов . – М. : Горячая Линия-Телеком, 2008 . – 456 с. - ISBN 978-5-9912004-9-3 .;
3. Жорина, Л. В. Основы взаимодействия физических полей с биообъектами. Использование излучений в биологии и медицине : учебник для бакалавров вузов по направлению 201000 "Биотехнические системы и технологии" / Л. В. Жорина, Г. Н. Змиевской ; ред. С. И. Щукин . – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014 . – 374 с. – (Биомедицинская инженерия в техническом университете) . - ISBN 5-7038-3937-9 .;

4. Биорадиолокация / А. В. Абрамов, [и др.] ; ред. А. С. Бугаев, С. И. Ивашов . – 2-е изд . – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018 . – 397 с. - ISBN 978-5-7038-4815-9 .;
5. Колечицкий, Е. С. Защита биосферы от влияния электромагнитных полей : учебное пособие для вузов по направлению 140200 "Электроэнергетика" / Е. С. Колечицкий, В. А. Романов, В. Г. Карташев . – М. : Издательский дом МЭИ, 2008 . – 352 с. - ISBN 978-5-383-00312-1 .;
6. Курушин, А. А. Проектирование СВЧ-устройств в среде CST Microwave Studio : учебное пособие по курсу "Автоматизированное проектирование систем и устройств" по направлению "Радиотехника" / А. А. Курушин, А. Н. Пластиков, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Издательский дом МЭИ, 2012 . – 152 с. - ISBN 978-5-383-00730-3 .  
[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=4363](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=4363);
7. Зиновьев Д. В.- "Основы моделирования в SolidWorks", Издательство: "ДМК Пресс", Москва, 2017 - (240 с.)  
<https://e.lanbook.com/book/97361>;
8. Коваль Н. С., Лебедев В. А., Вяликов И. Л.- "Технология изготовления медицинской техники", Издательство: "Донской ГТУ", Ростов-на-Дону, 2021 - (241 с.)  
<https://e.lanbook.com/book/237776>;
9. Петров М. Н., Гудков Г. В.- "Моделирование компонентов и элементов интегральных схем", Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2021 - (464 с.)  
<https://e.lanbook.com/book/167848>.

## 5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Майнд Видеоконференции;
5. SolidWorks;
6. Acrobat Reader;
7. AutoCAD/ T Flex CAD (версия для обучающихся и преподавателей).

## 5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
3. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
4. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>
5. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
6. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
7. База данных IEL издательства IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.) - <https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp?reload=true>
8. Журнал Science - <https://www.sciencemag.org/>
9. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Е-802/1, Учебная лаборатория "Электродинамики"	стол, стул, шкаф, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, компьютер

		персональный, кондиционер, верстак электротехнический, стенд информационный, стенд учебный
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Е-802/2, Учебная лаборатория Радиоизмерений и медицинской электроники	стол, стул, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, компьютер персональный, кондиционер, верстак электротехнический, стенд учебный
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Е-802/2, Учебная лаборатория Радиоизмерений и медицинской электроники	стол, стул, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, компьютер персональный, кондиционер, верстак электротехнический, стенд учебный
	Е-802/1, Учебная лаборатория "Электродинамики"	стол, стул, шкаф, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, компьютер персональный, кондиционер, верстак электротехнический, стенд информационный, стенд учебный
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-302, Читальный зал отдела обслуживания учебной литературой	стул, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный
	НТБ-303, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	Е-817а, Кабинет сотрудников каф. "ОРТ"	стол, стул, шкаф, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Е-802/4, Склад инвентаря и оборудования	стеллаж, стол, стул, шкаф, шкаф для документов, сервер
	Е-822, Архив	стеллаж для хранения книг, вешалка для одежды, холодильник, хозяйственный инвентарь

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Микроволны в медицине

(название дисциплины)

#### 3 семестр

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

- КМ-1 Особенности ЭМИ микроволнового диапазона Взаимодействие микроволн с биологическими объектами Действие СВЧ-излучения на организм человека (Контрольная работа)
- КМ-2 Расчёт распределения мощности и расчёт защитных свойств сплошных и сетчатых экранов (Контрольная работа)
- КМ-3 Математическое моделирование процессов и объектов биотехнических систем с помощью программ численного моделирования и систем автоматизированного проектирования (Контрольная работа)
- КМ-4 Проведение патентных исследований по тематике дисциплины (Домашнее задание)

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

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	14	15
1	Особенности электромагнитного излучения микроволнового диапазона					
1.1	Особенности электромагнитного излучения микроволнового диапазона		+	+		
2	Взаимодействие микроволн с биологическими объектами.					
2.1	Взаимодействие микроволн с биологическими объектами.		+	+		
3	Действие СВЧ-излучения на организм человека					
3.1	Действие СВЧ-излучения на организм человека		+	+		
4	Основные характеристики и принципы построения приборов для микроволновой терапии.					
4.1	Основные характеристики и принципы построения приборов для микроволновой терапии.				+	+
5	Основные характеристики и принципы построения приборов микроволновой диагностики					
5.1	Основные характеристики и принципы построения приборов микроволновой диагностики				+	+
6	Микроволновая радиотермометрия как метод диагностики в медицине					
6.1	Основы микроволновой радиотермометрии				+	+

7	Основные характеристики и принципы построения приборов КВЧ-диапазона				
7.1	Основные характеристики и принципы построения приборов КВЧ-диапазона			+	+
8	Основы проектирования и математического моделирования микроволновых приборов				
8.1	Основы проектирования и математического моделирования микроволновых приборов			+	+
Вес КМ, %:		10	10	30	50