

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

---

Направление подготовки/специальность: 12.03.04 Биотехнические системы и технологии

Наименование образовательной программы: Биотехнические и медицинские аппараты и системы

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ С**  
**БИООБЪЕКТАМИ**

|  |  |
|--|--|
| <b>Блок:</b>                             | Блок 1 «Дисциплины (модули)»                             |
| <b>Часть образовательной программы:</b>  | Часть, формируемая участниками образовательных отношений |
| <b>№ дисциплины по учебному плану:</b>   | Б1.Ч.01  |
| <b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b> | 5 семестр - 5;   |
| <b>Часов (всего) по учебному плану:</b>  | 180 часов  |
| <b>Лекции</b>                            | 5 семестр - 32 часа;                                     |
| <b>Практические занятия</b>              | 5 семестр - 32 часа;                                     |
| <b>Лабораторные работы</b>               | не предусмотрено учебным планом                          |
| <b>Консультации</b>                      | проводится в рамках часов аудиторных занятий             |
| <b>Самостоятельная работа</b>            | 5 семестр - 115,7 часов;                                 |
| <b>в том числе на КП/КР</b>              | не предусмотрено учебным планом                          |
| <b>Иная контактная работа</b>            | проводится в рамках часов аудиторных занятий             |
| <b>включая:</b>                          |  |
| <b>Домашнее задание</b>                  |  |
| <b>Промежуточная аттестация:</b>         |  |
| <b>Зачет с оценкой</b>                   | 5 семестр - 0,3 часа;                                    |

**Москва 2020**

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

|  |  |                                |
|--|--|--------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                                |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                                |
|  | Владелец   | Михайлов М.С.                  |
|  | Идентификатор                                      | R88495daf-MikhailovMS-74da3f0e |

(подпись)

М.С. Михайлов

(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:** состоит в изучении условий взаимодействия электромагнитных волн с биологическими объектами, освоение методов электродинамического расчета проникновения электромагнитных волн в биообъекты в терапевтических целях, освоение принципов расчета санитарно-защитных зон и зон ограничения застройки, а также оценки безопасного времени нахождения рядом с источниками сильного электромагнитного излучения.

### Задачи дисциплины

- изучение основных процессов взаимодействия электромагнитных волн с биологическими объектами, применения ЭМ волн в медицине;
- освоение методов электродинамики для расчета взаимодействия электромагнитных волн с биологическими объектами, излучения ЭМ волн биообъектами;
- освоение методов расчета различных моделей радиолинии в биотехнических системах.

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 участвовать в научных исследованиях в области создания биотехнических систем | ИД-2 <sub>ПК-1</sub> Анализирует сигналы и данные, определяет их влияние на параметры биотехнических систем | знать:<br>- основные уравнения электромагнитного поля и методы их использования при расчетах простейших структур для изучения электромагнитных волн, условия распространения электромагнитных волн в различных средах;<br><br>уметь:<br>- реализовывать методики и алгоритмы расчета санитарно-защитных зон и зон ограничения застройки;<br>- оценивать время безопасного воздействия нагрева на биологические ткани в терапевтических целях;<br>- правильно выбирать методику расчета глубины проникновения электромагнитного поля в биологические ткани. |

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Биотехнические и медицинские аппараты и системы (далее – ОПОП), направления подготовки 12.03.04 Биотехнические системы и технологии, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Базируется на уровне среднего общего образования.

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 5 зачетных единиц, 180 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     | Цели и задачи курса. Общие вопросы распространения электромагнитных волн в окружающей среде | 32                    | 5       | 6  | -   | 6  | -            | - | -   | -  | -  | 20                | -                                 | <i><u>Изучение материалов литературных источников:</u></i><br>[2], стр. 3-25 |   |
| 1.1   | Цели и задачи курса. Общие вопросы распространения электромагнитных волн в окружающей среде | 32                    |         | 6  | -   | 6  | -            | - | -   | -  | -  | -                 | 20                                |  | - |
| 2     | Основные электрофизические параметры биологических тканей                                   | 32                    |         | 6  | -   | 6  | -            | - | -   | -  | -  | -                 | 20                                |  | - |
| 2.1   | Основные электрофизические параметры биологических тканей                                   | 32                    |         | 6  | -   | 6  | -            | - | -   | -  | -  | -                 | 20                                |  | - |
| 3     | Тепловые эффекты воздействия ЭМ полей на биообъекты.  | 32                    |         | 6  | -   | 6  | -            | - | -   | -  | -  | -                 | 20                                |  | - |
| 3.1   | Тепловые эффекты воздействия ЭМ полей на биообъекты.  | 32                    |         | 6  | -   | 6  | -            | - | -   | -  | -  | -                 | 20                                |  | - |
| 4     | Нетепловые эффекты воздействия ЭМ   | 33                    |         | 7  | -   | 7  | -            | - | -   | -  | -  | -                 | 19                                |  | - |

|     |  |              |           |          |           |          |          |          |          |            |              |             |   |
|-----|--|--------------|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|------------|--------------|-------------|---|
|     | полей на биообъекты.   |              |           |          |           |          |          |          |          |            |              |             |   |
| 4.1 | Нетепловые эффекты воздействия ЭМ полей на биообъекты.                   | 33           | 7         | -        | 7         | -        | -        | -        | -        | -          | 19           | -           |   |
| 5   | Методы моделирования взаимодействия электромагнитных волн с биообъектами | 33           | 7         | -        | 7         | -        | -        | -        | -        | -          | 19           | -           | <i><u>Изучение материалов литературных источников:</u></i><br>[3], стр. 285-303 |
| 5.1 | Методы моделирования взаимодействия электромагнитных волн с биообъектами | 33           | 7         | -        | 7         | -        | -        | -        | -        | -          | 19           | -           |   |
|     | Зачет с оценкой  | 18.0         | -         | -        | -         | -        | -        | -        | -        | 0.3        | -            | 17.7        |   |
|     | <b>Всего за семестр</b>  | <b>180.0</b> | <b>32</b> | <b>-</b> | <b>32</b> | <b>-</b> | <b>-</b> | <b>-</b> | <b>-</b> | <b>0.3</b> | <b>98</b>    | <b>17.7</b> |   |
|     | <b>Итого за семестр</b>  | <b>180.0</b> | <b>32</b> | <b>-</b> | <b>32</b> | <b>-</b> | <b>-</b> | <b>-</b> | <b>-</b> | <b>0.3</b> | <b>115.7</b> |             |   |

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – 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. Цели и задачи курса. Общие вопросы распространения электромагнитных волн в окружающей среде

1.1. Цели и задачи курса. Общие вопросы распространения электромагнитных волн в окружающей среде

Проблема взаимодействия электромагнитных полей с биообъектами. Экологические аспекты. Воззрения В.И.Вернадского. Понятие ноосферы. Формирование и основные параметры естественных электромагнитных полей разных диапазонов вблизи поверхности Земли. Роль солнечно-земных связей, ионосферы и тропосферы. Работы А.Л.Чижевского. Антропогенные электромагнитные поля. Распространение электромагнитных полей от искусственных источников. Общие вопросы распространения электромагнитных полей. Поле излучателя в свободном пространстве. Уравнение идеальной радиопередачи. Напряженность электрического поля в свободном пространстве. Область пространства, существенная для распространения электромагнитных полей, зоны Френеля. Дифракция электромагнитных полей на плоских экранах..

#### 2. Основные электрофизические параметры биологических тканей

2.1. Основные электрофизические параметры биологических тканей

Электрофизические параметры биологических тканей в различных диапазонах частот. Модели Дебая и Кола-Кола. Экспериментальные данные..

#### 3. Тепловые эффекты воздействия ЭМ полей на биообъекты.

3.1. Тепловые эффекты воздействия ЭМ полей на биообъекты.

Расчет распределения электромагнитного поля и удельной поглощаемой мощности в БО без учета эффектов теплопроводности. Примеры расчета. Моделирование эффектов теплового нагрева биообъектов ЭМ полем. Расчет распределения температуры в БО при учете эффектов теплопроводности..

#### 4. Нетепловые эффекты воздействия ЭМ полей на биообъекты.

4.1. Нетепловые эффекты воздействия ЭМ полей на биообъекты.

Экспериментальные данные по нетепловым эффектам воздействия ЭМ полей на биообъекты. Методы экспериментального исследования воздействия ЭМ полей на БО..

#### 5. Методы моделирования взаимодействия электромагнитных волн с биообъектами

5.1. Методы моделирования взаимодействия электромагнитных волн с биообъектами

Моделирование взаимодействия электромагнитных полей с биообъектами в различных диапазонах частот. Квазистатические, резонансные, квазиоптические модели биообъектов..

### **3.3. Темы практических занятий**

1. Формирование и основные параметры естественных электромагнитных полей разных диапазонов вблизи поверхности Земли;
2. Расчет по экспериментальным данным нетепловых эффектов воздействия ЭМ полей на биообъекты;
3. Расчет распределения электромагнитного поля и удельной поглощаемой мощности в БО без учета эффектов теплопроводности. Расчет распределения температуры в БО при учете эффектов теплопроводности;

4. Изучение квазистатических, резонансных, квазиоптических моделей биообъектов;
5. Расчет электрофизических параметров биологических тканей в различных диапазонах частот. Модели Дебая и Кола-Кола;
6. Распространение электромагнитных волн в окружающей среде. Параметры антенн;
7. Изучение законов излучения электромагнитных полей биообъектами. Расчет собственного излучения биообъектов;
8. Изучение санитарных норм воздействия электромагнитных полей на БО. Расчет санитарно-защитных зон и зон ограничения застройки.

**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<br>(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 |  |
| <b>Знать:</b>  |                  |   |   |   |   |   |  |
| основные уравнения электромагнитного поля и методы их использования при расчетах простейших структур для изучения электромагнитных волн, условия распространения электромагнитных волн в различных средах; | ИД-2ПК-1         | +   |   |   |   |   | Домашнее задание/Вопросы распространения электромагнитных волн в окружающей среде  |
| <b>Уметь:</b>  |                  |   |   |   |   |   |  |
| правильно выбирать методику расчета глубины проникновения электромагнитного поля в биологические ткани   | ИД-2ПК-1         |   | + |   |   |   | Домашнее задание/Определение глубины проникновения поля в биоткани   |
| оценивать время безопасного воздействия нагрева на биологические ткани в терапевтических целях   | ИД-2ПК-1         |   |   | + | + |   | Домашнее задание/Расчет собственного излучения биообъекта<br>Домашнее задание/Тепловые эффекты при нагреве биообъекта электромагнитным полем |
| реализовывать методики и алгоритмы расчета санитарно-защитных зон и зон ограничения застройки  | ИД-2ПК-1         |   |   |   |   | + | Домашнее задание/Расчет санитарно-защитных зон передающих антенн   |



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

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

#### **5 семестр**

Форма реализации: Письменная работа

1. Вопросы распространения электромагнитных волн в окружающей среде (Домашнее задание)
2. Определение глубины проникновения поля в биоткани (Домашнее задание)
3. Расчет санитарно-защитных зон передающих антенн (Домашнее задание)
4. Расчет собственного излучения биообъекта (Домашнее задание)
5. Тепловые эффекты при нагреве биообъекта электромагнитным полем (Домашнее задание)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

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

*Зачет с оценкой (Семестр №5)*

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

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

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

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

1. Кузнецов, А. Н. Биофизика электромагнитных воздействий: Основы дозиметрии / А. Н. Кузнецов . – М. : Энергоатомиздат, 1994 . – 256 с. - ISBN 5-283-03113-6 : 13000.00 .;
2. Грудинская, Г. П. Распространение радиоволн : учебное пособие для радиотехнических специальностей вузов / Г. П. Грудинская . – 2-е изд., перераб. и доп . – М. : Высшая школа, 1975 . – 280 с.;
3. Бинги В. Н.- "Принципы электромагнитной биофизики", Издательство: "ФИЗМАТЛИТ", Москва, 2011 - (592 с.)  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=5259](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=5259).

### **5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

1. СДО "Прометей";
2. Office;
3. Windows;
4. Matlab;
5. Майнд Видеоконференции;
6. Python.

### **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 Web of Science - <http://webofscience.com/>
4. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
5. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
6. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
7. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
8. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
9. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
10. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
11. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
12. Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ" - <https://www.polpred.com>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| Тип помещения   | Номер аудитории, наименование                                  | Оснащение  |
|---|--|--|
| Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля | Е-612, Учебная аудитория каф. "РТП и АС"                       | парта со скамьей, стол компьютерный, стул, вешалка для одежды, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, компьютер персональный |
|   | Ж-120, Машинный зал ИВЦ  | сервер, кондиционер  |
| Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП          | Е-612, Учебная аудитория каф. "РТП и АС"                       | парта со скамьей, стол компьютерный, стул, вешалка для одежды, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, компьютер персональный |
|   | Ж-120, Машинный зал ИВЦ  | сервер, кондиционер  |
| Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации               | Е-612, Учебная аудитория каф. "РТП и АС"                       | парта со скамьей, стол компьютерный, стул, вешалка для одежды, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, компьютер персональный |
|   | 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-618, Преподавательская каф. "РТП и АС"                       | кресло рабочее, рабочее место сотрудника, стеллаж для хранения инвентаря, стол, стул, шкаф для документов, шкаф для  |

|  |                                |   |
|--|--------------------------------|---|
|  |                                | одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, многофункциональный центр, компьютер персональный, принтер, холодильник, кондиционер, запасные комплектующие для оборудования |
| Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря | Е-800/7, Архив каф. "РТП и АС" | стол, стул, шкаф для документов, вешалка для одежды, холодильник  |

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Взаимодействие электромагнитных полей с биообъектами

(название дисциплины)

#### 5 семестр

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

- КМ-1 Вопросы распространения электромагнитных волн в окружающей среде (Домашнее задание)
- КМ-2 Определение глубины проникновения поля в биоткани (Домашнее задание)
- КМ-3 Тепловые эффекты при нагреве биообъекта электромагнитным полем (Домашнее задание)
- КМ-4 Расчет собственного излучения биообъекта (Домашнее задание)
- КМ-5 Расчет санитарно-защитных зон передающих антенн (Домашнее задание)

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

| Номер раздела | Раздел дисциплины   | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 | КМ-5 |
|---------------|---|------------|------|------|------|------|------|
|               |   | Неделя КМ: | 4    | 8    | 12   | 14   | 15   |
| 1             | Цели и задачи курса. Общие вопросы распространения электромагнитных волн в окружающей среде |            |      |      |      |      |      |
| 1.1           | Цели и задачи курса. Общие вопросы распространения электромагнитных волн в окружающей среде |            | +    |      |      |      |      |
| 2             | Основные электрофизические параметры биологических тканей                                   |            |      |      |      |      |      |
| 2.1           | Основные электрофизические параметры биологических тканей                                   |            |      | +    |      |      |      |
| 3             | Тепловые эффекты воздействия ЭМ полей на биообъекты.  |            |      |      |      |      |      |
| 3.1           | Тепловые эффекты воздействия ЭМ полей на биообъекты.  |            |      |      | +    | +    |      |
| 4             | Нетепловые эффекты воздействия ЭМ полей на биообъекты.                                      |            |      |      |      |      |      |
| 4.1           | Нетепловые эффекты воздействия ЭМ полей на биообъекты.                                      |            |      |      | +    | +    |      |
| 5             | Методы моделирования взаимодействия электромагнитных волн с биообъектами                    |            |      |      |      |      |      |
| 5.1           | Методы моделирования взаимодействия электромагнитных волн с биообъектами                    |            |      |      |      |      | +    |
| Вес КМ, %:    |   |            | 20   | 20   | 20   | 20   | 20   |