

**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**  
**ОСНОВЫ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ**

<b>Блок:</b>	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
<b>Часть образовательной программы:</b>	Обязательная
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	Б1.О.10
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	3 семестр - 4;
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	144 часа
<b>Лекции</b>	3 семестр - 32 часа;
<b>Практические занятия</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Лабораторные работы</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Консультации</b>	3 семестр - 2 часа;
<b>Самостоятельная работа</b>	3 семестр - 109,5 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>Контрольная работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Экзамен</b>	3 семестр - 0,5 часа;

**Москва 2020**

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Крамм М.Н.
	Идентификатор	R07fd3885-KrammMN-8d6314d0

(подпись)

М.Н. Крамм

(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 физических и математических принципов действия компьютерных томографов, их основных технических характеристик и особенностей применения

### Задачи дисциплины

- освоение принципами действия современных компьютерных томографов, использующих поля различной физической природы и различных частотных диапазонов;
- изучение с основных этапов работы систем визуализации и базовых методов получения и обработки изображений в этих системах;
- приобретение знаний об основных параметрах современных компьютерных томографов и особенностях применения томографов в медицинской диагностике..

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
ОПК-1 способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблемы, формулировать задачи, определять пути их решения и оценивать эффективность выбора и методов правовой защиты результатов интеллектуальной деятельности с учетом исследований, разработки и проектирования биотехнических систем и технологий	ИД-1 <sub>ОПК-1</sub> Представляет современную научную картину мира, выявляет естественнонаучную сущность проблемы проектирования, производства и использования в практической деятельности биотехнических систем	знать: - – назначение узлов эмиссионных и магнитно-резонансных томографов; - – математические методы реконструкции изображений.  уметь: - – анализировать принципы работы эмиссионных и магнитно-резонансных томографов; - – анализировать математические способы реконструкции изображений.
ОПК-3 способен приобретать и использовать новые знания в своей предметной области на основе информационных систем и технологий, предлагать новые идеи и подходы к решению инженерных задач	ИД-1 <sub>ОПК-3</sub> Осуществляет информационный поиск и использует новые знания в своей предметной области	знать: - – типы и характеристики рентгеновских томографов; - – типы систем визуализации.  уметь: - – сравнивать способы сканирования и приемы борьбы с артефактами в рентгеновских компьютерных томографах; - – анализировать характеристики систем визуализации.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Радиозлектроника в биотехнических и медицинских аппаратах и системах (далее – ОПОП),

направления подготовки 12.04.04 Биотехнические системы и технологии, уровень образования: высшее образование - магистратура.

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 4 зачетных единицы, 144 часа.

№ 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	Описание систем визуализации	18	3	6	-	-	-	-	-	-	-	12	-	<b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции <b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Описание систем визуализации и подготовка к контрольной работе <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр.15-23	
1.1	Описание систем визуализации	18		6	-	-	-	-	-	-	-	-	12		-
2	Математические методы реконструкции изображений в компьютерной томографии	20		6	-	-	-	-	-	-	-	-	14	-	<b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы <b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Математические методы реконструкции изображений в компьютерной томографии и подготовка к контрольной работе <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр.54-69 [2], стр. 416-417
2.1	Математические методы реконструкции изображений в компьютерной томографии	20		6	-	-	-	-	-	-	-	-	14	-	
3	Рентгеновская компьютерная томография (РКТ)	21		7	-	-	-	-	-	-	-	-	14	-	<b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы <b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Рентгеновская компьютерная томография (РКТ) и подготовка к контрольной работе
3.1	Рентгеновская компьютерная томография (РКТ)	21		7	-	-	-	-	-	-	-	-	14	-	

												<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр.44-52 [2], стр. 395-415, 418-421 [3], стр. 40-66
4	Эмиссионная компьютерная томография (ЭКТ)	19	5	-	-	-	-	-	-	14	-	<b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы
4.1	Эмиссионная компьютерная томография (ЭКТ)	19	5	-	-	-	-	-	-	14	-	<b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Эмиссионная компьютерная томография (ЭКТ) и подготовка к контрольной работе <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр.75-90 [2], стр. 436-454
5	Магнитно-резонансная томография	30	8	-	-	-	-	-	-	22	-	<b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы
5.1	Магнитно-резонансная томография	30	8	-	-	-	-	-	-	22	-	<b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Магнитно-резонансная томография и подготовка к контрольной работе <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], стр. 422-435
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5
	Всего за семестр	144.0	32	-	-	-	2	-	-	0.5	76	33.5
	Итого за семестр	144.0	32	-	-	-	2	-	-	0.5	109.5	

**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. Описание систем визуализации

#### 1.1. Описание систем визуализации

Понятие о визуализации. Примеры. Характеристики изображения: точность, динамический диапазон, отношение сигнал/шум, разрешающая способность. Особенности цифрового представления изображений. Особенности зрительного восприятия. Математическое описание процесса регистрации. Аппаратная функция. Спектральный анализ пространственных распределений. Двумерное преобразование Фурье. Дискретное двумерное преобразование Фурье. Описание процесса регистрации в спектральной области. Широкополосная система регистрации. Восстановление (воспроизведение) изображения методом частотной коррекции. Регуляризация метода частотной коррекции..

### 2. Математические методы реконструкции изображений в компьютерной томографии

#### 2.1. Математические методы реконструкции изображений в компьютерной томографии

Постановка задачи реконструктивной визуализации. Алгебраические и интегральные методы в задачах КТ. Лучевая КТ. Преобразование Радона. Теорема о центральном сечении. Алгоритм двумерной реконструкции по Фурье. Алгоритм обращения фильтрованных проекций. Фильтрация по Фурье и фильтрация сверткой. Регуляризация формул обращения. Особенности обратного проецирования. Объем вычислений при реконструкции изображений в лучевой КТ. Алгебраические алгоритмы реконструкции в КТ..

### 3. Рентгеновская компьютерная томография (РКТ)

#### 3.1. Рентгеновская компьютерная томография (РКТ)

Рентгеновская КТ (РКТ). Основные сведения. Некоторые понятия рентгенологии. Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом. Источники и детекторы рентгеновского излучения. Способы сканирования в РКТ. Лучевой интеграл и представление результатов реконструкции в РКТ. Калибровка сканера в РКТ.. Учет полихроматичности пучка излучения. Трудности в интерпретации результатов РКТ. Эффективная энергия сканера. Полихроматические артефакты. Способы снижения полихроматических артефактов. Метрологические характеристики рентгеновских томографов..

### 4. Эмиссионная компьютерная томография (ЭКТ)

#### 4.1. Эмиссионная компьютерная томография (ЭКТ)

Радиоактивность и радионуклидная диагностика. Способы получения радионуклидов. ОЭКТ и ПЭКТ – постановка задачи. Лучевой интеграл в ОЭКТ. Сканирование в ОЭКТ.. Позитронная ЭКТ. Лучевой интеграл в ПЭКТ. Сканирование в ПЭКТ. Клинические использование ЭКТ. Сравнение ОЭКТ и ПЭКТ. Источники искажений в ЭКТ и их учет..

### 5. Магнитно-резонансная томография

#### 5.1. Магнитно-резонансная томография

ЯМР томография. Основные сведения. Физические основы ЯМР. Энергия частиц с полужелым спином в магнитном поле. Равновесная намагниченность. Свободная прецессия в магнитном поле. Уравнение Блоха и его решение для случая свободной прецессии.. Возбуждение колебаний поперечной намагниченности ВЧ импульсами. Вынужденная прецессия при большой и при малой величине градиентного магнитного поля. Пространственное кодирование частоты свободной прецессии. Выбор сечения методом

селективного возбуждения.. Сигнал на выходе приемной ВЧ катушки. Сигнал на выходе квадратурного синхронного детектора Реконструкция по Фурье методом фазо-частотного кодирования. Факторы, влияющие на пространственное разрешение. Виды кодирующих последовательностей. Получение контраста по T1 и по T2..

### **3.3. Темы практических занятий** не предусмотрено

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

### **3.5 Консультации**

#### *Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)*

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Описание систем визуализации"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Математические методы реконструкции изображений в компьютерной томографии"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Рентгеновская компьютерная томография (РКТ)"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Эмиссионная компьютерная томография (ЭКТ)"
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Магнитно-резонансная томография"

### **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	
<b>Знать:</b>							
– математические методы реконструкции изображений	ИД-1 <sub>ОПК-1</sub>		+				Контрольная работа/Контрольная работа № 2 по теме «Математические методы реконструкции изображений»
– назначение узлов эмиссионных и магнитно-резонансных томографов	ИД-1 <sub>ОПК-1</sub>				+	+	Контрольная работа/Контрольная работа № 4 по теме «Эмиссионная компьютерная томография и физические основы МРТ»
– типы систем визуализации	ИД-1 <sub>ОПК-3</sub>	+					Контрольная работа/Контрольная работа № 1 по теме «Описание систем визуализации»
– типы и характеристики рентгеновских томографов	ИД-1 <sub>ОПК-3</sub>			+			Контрольная работа/Контрольная работа № 3 по теме «Рентгеновская компьютерная томография»
<b>Уметь:</b>							
– анализировать математические способы реконструкции изображений	ИД-1 <sub>ОПК-1</sub>		+				Контрольная работа/Контрольная работа № 2 по теме «Математические методы реконструкции изображений»
– анализировать принципы работы эмиссионных и магнитно-резонансных томографов	ИД-1 <sub>ОПК-1</sub>				+	+	Контрольная работа/Контрольная работа № 4 по теме «Эмиссионная компьютерная томография и физические основы МРТ»
– анализировать характеристики систем визуализации	ИД-1 <sub>ОПК-3</sub>	+					Контрольная работа/Контрольная работа № 1 по теме «Описание систем визуализации»
– сравнивать способы сканирования и приемы борьбы с артефактами в рентгеновских компьютерных томографах	ИД-1 <sub>ОПК-3</sub>			+			Контрольная работа/Контрольная работа № 3 по теме «Рентгеновская компьютерная томография»

## **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. Контрольная работа № 1 по теме «Описание систем визуализации» (Контрольная работа)
2. Контрольная работа № 2 по теме «Математические методы реконструкции изображений» (Контрольная работа)
3. Контрольная работа № 3 по теме «Рентгеновская компьютерная томография» (Контрольная работа)
4. Контрольная работа № 4 по теме «Эмиссионная компьютерная томография и физические основы МРТ» (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

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

*Экзамен (Семестр №3)*

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

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

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

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

1. Н. Н. Митракова, А. О. Евдокимов- "Компьютерная томография: конспект лекций", Издательство: "Поволжский государственный технологический университет", Йошкар-Ола, 2013 - (125 с.)  
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=439250>;
2. Корневский, Н. А. Медицинские приборы, аппараты, системы и комплексы : учебное пособие для вузов по направлению 653900 "Биомедицинская техника" / Н. А. Корневский, Е. П. Попечителей, С. П. Серегин, Курский гос. технич. ун-т . – 2-е изд . – Курск : Курский гос. технич. ун-т, 2009 . – 986 с. - ISBN 978-5-7277-0506-3 .;
3. Календер, В. Компьютерная томография. Основы, техника, качество изображений и области клинического использования : пер. с англ. / В. Календер . – М. : Техносфера, 2006 . – 344 с. – (Мир биологии и медицины) . - ISBN 5-948360-69-5 ..

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

1. СДО "Прометей";
2. Office;
3. Windows;
4. Майнд Видеоконференции;
5. Acrobat Reader;
6. 7-zip.

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

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>

2. 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 промежуточной аттестации	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-815, Преподавательская	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****Основы компьютерной томографии**

(название дисциплины)

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

- КМ-1 Контрольная работа № 1 по теме «Описание систем визуализации» (Контрольная работа)  
 КМ-2 Контрольная работа № 2 по теме «Математические методы реконструкции изображений» (Контрольная работа)  
 КМ-3 Контрольная работа № 3 по теме «Рентгеновская компьютерная томография» (Контрольная работа)  
 КМ-4 Контрольная работа № 4 по теме «Эмиссионная компьютерная томография и физические основы МРТ» (Контрольная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	15
1	Описание систем визуализации					
1.1	Описание систем визуализации		+			
2	Математические методы реконструкции изображений в компьютерной томографии					
2.1	Математические методы реконструкции изображений в компьютерной томографии			+		
3	Рентгеновская компьютерная томография (РКТ)					
3.1	Рентгеновская компьютерная томография (РКТ)				+	
4	Эмиссионная компьютерная томография (ЭКТ)					
4.1	Эмиссионная компьютерная томография (ЭКТ)					+
5	Магнитно-резонансная томография					
5.1	Магнитно-резонансная томография					+
Вес КМ, %:			25	25	25	25