

**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**  
**МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ БИМЕДИЦИНСКИХ СИГНАЛОВ**

<b>Блок:</b>	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
<b>Часть образовательной программы:</b>	Обязательная
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	Б1.О.05
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	1 семестр - 4;
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	144 часа
<b>Лекции</b>	1 семестр - 16 часов;
<b>Практические занятия</b>	1 семестр - 32 часа;
<b>Лабораторные работы</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Консультации</b>	1 семестр - 2 часа;
<b>Самостоятельная работа</b>	1 семестр - 93,5 часа;
<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> Отчет Контрольная работа Реферат	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Экзамен</b>	1 семестр - 0,5 часа;

**Москва 2025**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**


Преподаватель

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

Е.В. Шалимова


**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной программы

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

Г.В. Жихарева

Заведующий выпускающей  
кафедрой

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

Е.В. Шалимова

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** изучение методов анализа и обработки биомедицинских сигналов, применяемых при создании биотехнических и медицинских систем.

### Задачи дисциплины

- изучение методов математического описания биомедицинских сигналов;
- освоение методов анализа биомедицинских сигналов;
- изучение особенностей цифрового представления биомедицинских сигналов;
- освоение методов цифровой обработки биомедицинских сигналов.

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: - основные методы математического описания и анализа биомедицинских сигналов.  уметь: - применять математические методы для анализа биомедицинских сигналов и использовать пакеты прикладных программ для решения практических задач.
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-2 <sub>ОПК-1</sub> Формулирует задачи, направленные на проведение исследований, проектирование и использование в практической деятельности биотехнических систем и медицинских изделий, определяет пути их решения и оценивает эффективность выбора	знать: - основные понятия и особенности дискретного представления и цифровой обработки сигналов.  уметь: - формулировать задачи цифровой обработки биомедицинских сигналов и привлекать для их решения соответствующий математический аппарат и стандартные пакеты прикладных программ; - формулировать задачи анализа биомедицинских сигналов и определять пути их решения.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО**

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Радиотехника 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 высшего образования (бакалавриат, специалитет).

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	Математические основы анализа биомедицинских сигналов	54	1	8	-	16	-	-	-	-	-	30	-	<p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Математические основы анализа биомедицинских сигналов и подготовка к контрольной работе</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Математические основы анализа биомедицинских сигналов" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Математические основы анализа биомедицинских сигналов"</p> <p><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизадч по разделу "Математические основы анализа биомедицинских сигналов". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: записать математическую модель предложенного сигнала получить выражение для спектрального представления сигнала построить графики сигнала и его</p>
1.1	Цели анализа биомедицинских сигналов (БМС)	7		1	-	2	-	-	-	-	-	4	-	
1.2	Основные понятия теории сигналов	7		1	-	2	-	-	-	-	-	4	-	
1.3	Основные понятия спектрального и корреляционного анализа	14		2	-	4	-	-	-	-	-	8	-	
1.4	Основные понятия вейвлет-анализа	12		2	-	4	-	-	-	-	-	6	-	
1.5	Анализ узкополосных сигналов	14		2	-	4	-	-	-	-	-	8	-	

													спектрального представления изменить параметр сигнала и сделать выводы о его влиянии на спектр <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 27-71, 177-185 [2], с. 12-42; с. 56-60; с. 207-259 [3], п. 3.1 - 3.2, 4.1 - 4.2	
2	Цифровая обработка биомедицинских сигналов	54	8	-	16	-	-	-	-	-	-	30	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Цифровая обработка биомедицинских сигналов"
2.1	Особенности представления дискретных сигналов	12	2	-	2	-	-	-	-	-	-	8	-	<b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Цифровая обработка биомедицинских сигналов", подготовка к выполнению заданий на практических занятиях
2.2	Особенности спектрального анализа дискретных сигналов	14	2	-	4	-	-	-	-	-	-	8	-	<b><u>Подготовка реферата:</u></b> В рамках реферативной части студенту необходимо провести обзор литературных источников по выбранной теме, комплексно осветить вопрос в соответствии с темой реферата, подготовить презентацию для выступления по результатам работы на семинарском занятии. В качестве тем реферата студенту предлагаются следующие варианты: "Применение спектрального анализа для обработки биомедицинской информации (на конкретном практическом примере)" "Применение корреляционного анализа для обработки биомедицинской информации (на конкретном практическом примере)" "Применение вейвлет-анализа для обработки биомедицинской информации (на конкретном практическом примере)" и т.д.
2.3	Линейная фильтрация сигналов	18	2	-	6	-	-	-	-	-	-	10	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 84-151, 185-188, 224-230, 245-274, 344-349
2.4	Цифровая демодуляция	10	2	-	4	-	-	-	-	-	-	4	-	

														[2], с. 61-80; с. 96-103 [3], п. 2.1 - 2.4
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5		
	Всего за семестр	144.0	16	-	32	-	2	-	-	0.5	60	33.5		
	Итого за семестр	144.0	16	-	32		2		-	0.5		93.5		

**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. Математические основы анализа биомедицинских сигналов

#### 1.1. Цели анализа биомедицинских сигналов (БМС)

Природа биомедицинских сигналов (БМС), примеры.. Цели анализа БМС. Компьютерная диагностика, основанная на анализе БМС..

#### 1.2. Основные понятия теории сигналов

Геометрические методы в теории сигналов: линейное пространство сигналов; понятие координатного базиса. Обобщенные ряды Фурье.

#### 1.3. Основные понятия спектрального и корреляционного анализа

Спектральный анализ периодических и импульсных сигналов.. Спектральный анализ случайных процессов.. Корреляционный анализ детерминированных и случайных сигналов.. Применение спектрального и корреляционного методов для анализа биомедицинских сигналов..

#### 1.4. Основные понятия вейвлет-анализа

Непрерывный и дискретный вейвлет-анализ.. Сопоставление вейвлет-преобразования с преобразованием Фурье. Применение вейвлет-анализа для обработки биомедицинских сигналов.

#### 1.5. Анализ узкополосных сигналов

Аналитический сигнал и комплексная огибающая узкополосных сигналов. Преобразование Гильберта.. Методы определения комплексной огибающей..

### 2. Цифровая обработка биомедицинских сигналов

#### 2.1. Особенности представления дискретных сигналов

Связь спектральных представлений непрерывного и дискретного сигналов. Разрешение по частоте, погрешность дискретизации (по времени) и погрешность квантования (по уровню).. Дискретное преобразование Фурье.. Цифровая корреляция. Цифровая свертка..

#### 2.2. Особенности спектрального анализа дискретных сигналов

Особенности спектрального анализа дискретных сигналов на ограниченном интервале времени. Применение оконных функций.. Спектральный анализ случайных процессов, непараметрические и параметрические методы.. Применение прикладных пакетов программирования для спектрального анализа биомедицинских сигналов..

#### 2.3. Линейная фильтрация сигналов

Синхронное усреднение. Фильтры скользящего среднего. Фильтрация в частотной области. Оптимальные фильтры.. Адаптивная фильтрация.

#### 2.4. Цифровая демодуляция

Формирование цифровой комплексной огибающей с помощью квадратурного смесителя и на основе преобразования Гильберта. Цифровой фильтр Гильберта.. Алгоритм работы цифрового амплитудного демодулятора.. Алгоритм работы цифрового фазового демодулятора.. Алгоритм работы цифрового частотного демодулятора..



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

1. Реализация методов цифровой демодуляции в пакете программирования;
2. Реализация цифровых фильтров в пакете программирования;
3. Особенности ДПФ сигналов конечной длительности. Оконные функции;
4. Дискретизация сигналов;
5. Применение вейвлет-анализа для обработки биомедицинских сигналов;
6. Корреляционный анализ БМС;
7. Спектральный анализ БМС;
8. Математические модели сигналов.

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

### **3.5 Консультации**

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

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Применение методов прикладной статистики и нейронных сетей для обработки медико-биологических данных"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Математические методы анализа и обработки биомедицинских сигналов и изображений"

#### *Текущий контроль (ТК)*

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Применение методов прикладной статистики и нейронных сетей для обработки медико-биологических данных"
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Математические методы анализа и обработки биомедицинских сигналов и изображений"

### **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	
<b>Знать:</b>				
основные методы математического описания и анализа биомедицинских сигналов	ИД-1 <sub>ОПК-1</sub>	+		Контрольная работа/Контрольная работа 1. «Основные методы математического описания и анализа биомедицинских сигналов»
основные понятия и особенности дискретного представления и цифровой обработки сигналов	ИД-2 <sub>ОПК-1</sub>		+	Контрольная работа/Контрольная работа 2. «Особенности представления и обработки цифровых сигналов»
<b>Уметь:</b>				
применять математические методы для анализа биомедицинских сигналов и использовать пакеты прикладных программ для решения практических задач	ИД-1 <sub>ОПК-1</sub>	+		Отчет/Защита практических работ по методам анализа БМС
формулировать задачи анализа биомедицинских сигналов и определять пути их решения	ИД-2 <sub>ОПК-1</sub>	+	+	Реферат/Реферат. Применение математических методов для обработки биомедицинских сигналов
формулировать задачи цифровой обработки биомедицинских сигналов и привлекать для их решения соответствующий математический аппарат и стандартные пакеты прикладных программ	ИД-2 <sub>ОПК-1</sub>		+	Отчет/Защита практических работ по цифровой обработке сигналов

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

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

#### **1 семестр**

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Контрольная работа 1. «Основные методы математического описания и анализа биомедицинских сигналов» (Контрольная работа)
2. Контрольная работа 2. «Особенности представления и обработки цифровых сигналов» (Контрольная работа)

Форма реализации: Выступление (доклад)

1. Реферат. Применение математических методов для обработки биомедицинских сигналов (Реферат)

Форма реализации: Защита задания

1. Защита практических работ по методам анализа БМС (Отчет)
2. Защита практических работ по цифровой обработке сигналов (Отчет)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

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

#### *Экзамен (Семестр №1)*

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

В диплом выставляется оценка за 1 семестр.

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

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

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

1. Рангайян, Р. М. Анализ биомедицинских сигналов. Практический подход : учебное пособие для вузов по направлению 200400(653900) "Биомедицинская техника" по специальностям 200401 (190500) "Биотехнические и медицинские аппараты и системы", 200402 (190600) "Инженерное дело в медико-биологической практике" и направлению 200300 (553400) "Биомедицинская инженерия" : пер. с англ. / Р. М. Рангайян. – М. : Физматлит, 2010. – 440 с. – ISBN 978-5-9221-0730-3.;
2. Киселев, А. В. Методы обработки, анализа и классификации медико-биологических сигналов и данных : учебное пособие по направлению подготовки бакалавриата и магистратуры "Биотехнические системы и технологии" / А. В. Киселев, С. А. Филист, О. В. Шаталова. – Старый Оскол : ТНТ, 2023. – 328 с. – ISBN 978-5-94178-832-3.;
3. Немирко А. П., Манило Л. А., Калининченко А. Н.- "Математический анализ биомедицинских сигналов и данных", Издательство: "ФИЗМАТЛИТ", Москва, 2017 - (248 с.) <https://e.lanbook.com/book/104986>.

## 5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др);
5. Python.

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

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. 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-802/2, 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
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, Лекционная аудитория	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
	Е-817, Преподавательская	стол, стул, шкаф, шкаф для документов, вешалка для одежды, тумба, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска пробковая, компьютер персональный, принтер
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Е-812, Кладовая каф. "ОРТ"	стеллаж, шкаф для хранения инвентаря
	Е-822, Архив	стеллаж для хранения книг, вешалка для одежды, холодильник, хозяйственный инвентарь

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Методы обработки биомедицинских сигналов

(название дисциплины)

#### 1 семестр

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

- КМ-1 Защита практических работ по методам анализа БМС (Отчет)
- КМ-2 Контрольная работа 1. «Основные методы математического описания и анализа биомедицинских сигналов» (Контрольная работа)
- КМ-3 Защита практических работ по цифровой обработке сигналов (Отчет)
- КМ-4 Контрольная работа 2. «Особенности представления и обработки цифровых сигналов» (Контрольная работа)
- КМ-5 Реферат. Применение математических методов для обработки биомедицинских сигналов (Реферат)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	4	8	13	14	15
1	Математические основы анализа биомедицинских сигналов						
1.1	Цели анализа биомедицинских сигналов (БМС)		+	+			+
1.2	Основные понятия теории сигналов		+	+			+
1.3	Основные понятия спектрального и корреляционного анализа		+	+			+
1.4	Основные понятия вейвлет-анализа		+	+			+
1.5	Анализ узкополосных сигналов			+			+
2	Цифровая обработка биомедицинских сигналов						
2.1	Особенности представления дискретных сигналов				+	+	+
2.2	Особенности спектрального анализа дискретных сигналов				+	+	+
2.3	Линейная фильтрация сигналов				+	+	+
2.4	Цифровая демодуляция				+	+	+
Вес КМ, %:			20	20	20	20	20