

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

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

Москва 2024

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 _{ОПК-1} 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 _{ОПК-1} 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><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Математические основы анализа биомедицинских сигналов и подготовка к контрольной работе</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Математические основы анализа биомедицинских сигналов" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Математические основы анализа биомедицинских сигналов"</p> <p><u>Подготовка расчетных заданий:</u> 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 <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [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	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Цифровая обработка биомедицинских сигналов"
2.1	Особенности представления дискретных сигналов	12	2	-	2	-	-	-	-	-	-	8	-	<u>Подготовка к практическим занятиям:</u> 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	-	<u>Подготовка реферата:</u> 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	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [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. Математические модели сигналов;
2. Спектральный анализ БМС;
3. Корреляционный анализ БМС;
4. Применение вейвлет-анализа для обработки биомедицинских сигналов;
5. Дискретизация сигналов;
6. Особенности ДПФ сигналов конечной длительности. Оконные функции;
7. Реализация цифровых фильтров в пакете программирования;
8. Реализация методов цифровой демодуляции в пакете программирования.

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	
Знать:				
основные методы математического описания и анализа биомедицинских сигналов	ИД-1 _{ОПК-1}	+		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 _{ОПК-1}		+	Контрольная работа/Контрольная работа 2. «Особенности представления и обработки цифровых сигналов»
Уметь:				
применять математические методы для анализа биомедицинских сигналов и использовать пакеты прикладных программ для решения практических задач	ИД-1 _{ОПК-1}	+		Отчет/Защита практических работ по методам анализа БМС
формулировать задачи анализа биомедицинских сигналов и определять пути их решения	ИД-2 _{ОПК-1}	+	+	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 _{ОПК-1}		+	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
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-201, 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
	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