

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

Направление подготовки/специальность: 11.04.01 Радиотехника

Наименование образовательной программы: Киберфизические системы и интернет вещей

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очно-заочная

Рабочая программа дисциплины
МЕТОДЫ И УСТРОЙСТВА ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ
ДЛЯ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.02
Трудоемкость в зачетных единицах:	3 семестр - 4;
Часов (всего) по учебному плану:	144 часа
Лекции	3 семестр - 16 часов;
Практические занятия	не предусмотрено учебным планом
Лабораторные работы	3 семестр - 16 часов;
Консультации	3 семестр - 18 часов;
Самостоятельная работа	3 семестр - 89,2 часа;
в том числе на КП/КР	3 семестр - 15,7 часов;
Иная контактная работа	3 семестр - 4 часа;
включая:	
Лабораторная работа	
Промежуточная аттестация:	
Защита курсовой работы	3 семестр - 0,3 часа;
Экзамен	3 семестр - 0,5 часа;
	всего - 0,8 часа

Москва 2021

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Графов М.В.
	Идентификатор	R63a75aad-GrafovMV-4d9ee6b9

(подпись)

М.В. Графов

(расшифровка подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Стрелков Н.О.
	Идентификатор	R784cde94-StrelkovNO-f448f943

(подпись)

Н.О. Стрелков

(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 методов и алгоритмов цифровой обработки сигналов применительно к современным радиотехническим системам интернета вещей.

Задачи дисциплины

- освоение теории дискретных и цифровых сигналов и систем;
- изучение принципов построения устройств цифровой обработки сигналов в радиотехнических системах и комплексах различного назначения;
- приобретение навыков компьютерного моделирования специальных алгоритмов цифровой обработки 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
УК-1 способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	ИД-3 _{УК-1} Вырабатывает стратегию решения поставленной задачи	знать: - теорию дискретных и цифровых сигналов и систем. уметь: - разрабатывать и проектировать системы цифровой обработки сигналов современных радиотехнических систем с использованием имеющихся средств исследований, включая стандартные пакеты прикладных программ.
ПК-2 Способен проектировать радиотехнические устройства, приборы и их узлы, системы и комплексы сбора и обработки данных и управления устройствами с учетом заданных требований в том числе и бортового базирования	ИД-2 _{ПК-2} Умеет разрабатывать радиотехнические устройства, приборы, системы и комплексы с применением современных пакетов программ для сквозного проектирования	знать: - принципы построения систем цифровой вторичной обработки информации. уметь: - выполнять расчёт и проектирование цифровых фильтров по заданным требованиям.
ПК-2 Способен проектировать радиотехнические устройства, приборы и их узлы, системы и комплексы сбора и обработки данных и управления устройствами с учетом заданных требований в том числе и бортового базирования	ИД-4 _{ПК-2} Имеет навыки разработки и использования программного обеспечения для радиотехнических устройств, приборов, систем и комплексов различного назначения	знать: - принципы построения систем цифровой обработки сигналов в радиотехнических системах и комплексах различного назначения. уметь: - моделировать объекты и процессы с целью анализа и оптимизации их параметров с использованием имеющихся средств исследований, включая стандартные пакеты прикладных программ.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Киберфизические системы и интернет вещей (далее – ОПОП), направления подготовки 11.04.01 Радиотехника, 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	Аналоговые, дискретные, цифровые сигналы и системы	25	3	4	4	-	-	4	-	1	-	12	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Дискретные цифровые сигналы и системы"</p> <p><u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Дискретные цифровые сигналы и системы" материалу.</p> <p><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><u>Подготовка курсовой работы:</u> Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания:</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Дискретные цифровые сигналы и системы"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 1-56 [4], стр. 13-63</p>
1.1	Аналоговые, дискретные, цифровые сигналы и системы	25		4	4	-	-	4	-	1	-	12	-	

														[5], стр. 27-118 [6], 51-85 [7], 1-131
2	Дискретные преобразования	27	4	4	-	-	6	-	1	-	12	-	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Дискретные преобразования"
2.1	Дискретные преобразования	27	4	4	-	-	6	-	1	-	12	-	-	<u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Дискретные преобразования" материалу. <u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы <u>Подготовка курсовой работы:</u> Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания: <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Дискретные преобразования" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3], 1-48 [4], стр. 63-154 [5], стр.135-166 [7], 132-247
3	Цифровая фильтрация	42	8	8	-	-	8	-	2	-	16	-	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Цифровая фильтрация"
3.1	Цифровая фильтрация	42	8	8	-	-	8	-	2	-	16	-	-	<u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и

														задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Цифровая фильтрация" материалу. <u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы <u>Подготовка курсовой работы:</u> Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания: <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Цифровая фильтрация" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 240-321 [4], стр. 381-430 [5], стр. 281-348, 629-652 [7], 248-350
	Экзамен	34.0	-	-	-	-	-	-	-	0.5	-	33.5		
	Курсовая работа (КР)	16.0	-	-	-	-	-	-	-	0.3	15.7	-		
	Всего за семестр	144.0	16	16	-	-	18	-	4	0.8	55.7	33.5		
	Итого за семестр	144.0	16	16	-	18		4		0.8	89.2			

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. Аналоговые, дискретные, цифровые сигналы и системы

1.1. Аналоговые, дискретные, цифровые сигналы и системы

Периодическая дискретизация сигналов во времени. Теорема Котельникова о дискретизации сигналов. Математическая модель дискретных сигналов. Векторное представление дискретных сигналов. Матричное представление радиолокационных данных. Свойства дискретных сигналов. Спектры аналоговых и дискретных сигналов. Квантование сигналов по уровню. Процедура аналого-цифрового преобразования (АЦП) и цифро-аналогового преобразования (ЦАП), основные параметры АЦП и ЦАП и их влияние на параметры приемной и передающей систем. Расчет требований к АЦП и ЦАП в зависимости от тактико-технических характеристик радиосистемы..

2. Дискретные преобразования

2.1. Дискретные преобразования

Дискретно-временное преобразование Фурье (ДВПФ). Спектральный анализ на ограниченном интервале времени. Оконные функции. Дискретное преобразование Фурье (ДПФ). Обратное дискретное преобразование Фурье (ОДПФ). Свойства ДПФ. Быстрое преобразование Фурье (БПФ). Обратное быстрое преобразование Фурье (ОБПФ). Алгоритм БПФ по основанию 2 с прореживанием во времени. Алгоритм БПФ по основанию 2 с прореживанием по частоте. Структуры процессоров БПФ. Квадратурные сигналы. Определение аналитического сигнала. Дискретное преобразование Гильберта. Импульсная характеристика преобразования Гильберта. Проектирование дискретного преобразователя Гильберта и генерация аналитического сигнала во временной области. Сравнение методов генерации аналитических сигналов..

3. Цифровая фильтрация

3.1. Цифровая фильтрация

Преобразование частоты дискретизации. Децимация. Интерполяция. Цифровые фильтры с конечной импульсной характеристикой (КИХ). Использование математического аппарата линейной алгебры для анализа КИХ фильтров. Усреднение сигналов. Когерентное и некогерентное накопление сигналов. Линейная свертка. Циклическая свертка. Алгоритм быстрого вычисления свертки на основе БПФ. Алгоритм быстрой секционной свертки методом перекрытия с накоплением и суммированием..

3.3. Темы практических занятий

не предусмотрено

3.4. Темы лабораторных работ

1. Цифровые фильтры;
2. Дискретные преобразования сигналов;
3. Аналоговые и цифровые сигналы.

3.5 Консультации

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

3 Семестр

Курсовая работа (КР)

Темы:

- Разработка алгоритма цифровой обработки сигналов для системы интернета вещей с заданным количеством и типами датчиков и исполнительных устройств.

График выполнения курсового проекта

Неделя	1 - 8	9 - 13	14	15 - 16	Зачетная
Раздел курсового проекта	1, 2	3, 4	5	6	Защита курсового проекта
Объем раздела, %	25	25	25	25	-
Выполненный объем нарастающим итогом, %	25	50	75	100	-

Номер раздела	Раздел курсового проекта
1	Структурная схема измерительного комплекса для интернета вещей и определение параметров связей между блоками
2	Обзор рынка готовых устройств и компонент комплекса
3	Выбор компонент системы (датчиков, контроллеров, серверов, канального и коммутационного оборудования, языков программирования и операционных систем)
4	Оценка точности измерения величин выбранными датчиками, объема передаваемых данных, выбор и реализация алгоритма цифровой обработки.
5	Оценка стоимости оборудования проекта
6	Оформление работы по ГОСТ 7.32-2017

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	
Знать:					
теорию дискретных и цифровых сигналов и систем	ИД-3 _{УК-1}	+			Лабораторная работа/Лабораторная работа «Аналоговые и цифровые сигналы»
принципы построения систем цифровой вторичной обработки информации	ИД-2 _{ПК-2}		+		Лабораторная работа/Лабораторная работа «Дискретные преобразования сигналов»
принципы построения систем цифровой обработки сигналов в радиотехнических системах и комплексах различного назначения	ИД-4 _{ПК-2}			+	Лабораторная работа/Лабораторная работа «Цифровые фильтры»
Уметь:					
разрабатывать и проектировать системы цифровой обработки сигналов современных радиотехнических систем с использованием имеющихся средств исследований, включая стандартные пакеты прикладных программ	ИД-3 _{УК-1}			+	Лабораторная работа/Лабораторная работа «Цифровые фильтры»
выполнять расчёт и проектирование цифровых фильтров по заданным требованиям	ИД-2 _{ПК-2}		+		Лабораторная работа/Лабораторная работа «Дискретные преобразования сигналов»
моделировать объекты и процессы с целью анализа и оптимизации их параметров с использованием имеющихся средств исследований, включая стандартные пакеты прикладных программ	ИД-4 _{ПК-2}	+			Лабораторная работа/Лабораторная работа «Аналоговые и цифровые сигналы»

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. Лабораторная работа «Аналоговые и цифровые сигналы» (Лабораторная работа)
2. Лабораторная работа «Дискретные преобразования сигналов» (Лабораторная работа)
3. Лабораторная работа «Цифровые фильтры» (Лабораторная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсовой работы является приложением Б.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №3)

Курсовая работа (КР) (Семестр №3)

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

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. Баскаков, А. И. Локационные методы исследования объектов и сред : учебник для вузов по специальности 210301 "Радиофизика" / А. И. Баскаков ; Ред. А. И. Баскаков . – М. : АКАДЕМИЯ, 2011 . – 384 с. – (Высшее профессиональное образование) . - ISBN 978-5-7695-7436-8 .;
2. Лукашенко, Ю. И. Эффективные алгоритмы и методы цифровой обработки сигналов. Основы теории быстрого преобразования Фурье и его применения : учебное пособие по курсам "Радиолокационные системы", "Радионавигационные системы", "Локационные методы исследования объектов и сред" по направлению "Радиотехника" / Ю. И. Лукашенко, С. В. Хабаров ; Ред. А. И. Баскаков ; Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Издательский дом МЭИ, 2009 . – 56 с. - ISBN 978-5-383-00369-5 .
http://elibrary.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=305;
3. Баскаков, А. И. Цифровые процессоры некогерентной обработки сигналов в обзорных РЛС. Сборник лабораторных работ : методическое пособие по курсам "Радиолокационные и радионавигационные системы", "Методы радиолокации", "Локационные методы исслед. объектов и сред" по направлению "Радиотехника" / А. И. Баскаков, Т. С. Жутяева, Ю. И. Лукашенко ; ред. А. И. Баскаков ; Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Издательский дом МЭИ,

2012 . – 48 с.

http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=4433;

4. Лайонс, Р. Цифровая обработка сигналов : пер. с англ. / Р. Лайонс . – 2-е изд . – М. : Бином-Пресс, 2006 . – 656 с. - ISBN 5-9518014-9-4 .;

5. Айфичер, Э. С. Цифровая обработка сигналов : практический подход : пер. с англ. / Э. С. Айфичер, Б. У. Джервис . – 2-е изд . – М. : Вильямс, 2004 . – 992 с. - ISBN 5-84590-710-1 .;

6. Ли П.- "Архитектура интернета вещей", Издательство: "ДМК Пресс", Москва, 2019 - (454 с.)

<https://e.lanbook.com/book/112923>;

7. Строгонов А. В.- "Реализация алгоритмов цифровой обработки сигналов в базе программируемых логических интегральных схем", (4-е изд., испр. и доп.), Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2019 - (352 с.)

<https://e.lanbook.com/book/112696>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. MathCad;
5. Matlab;
6. Майнд Видеоконференции;
7. LabView.

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-420/4, Компьютерно-вычислительная лаборатория	стол преподавателя, стол, стул, шкаф, вешалка для одежды, доска маркерная, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Е-420/4, Компьютерно-вычислительная лаборатория	стол преподавателя, стол, стул, шкаф, вешалка для одежды, доска маркерная, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Е-420/4, Компьютерно-вычислительная лаборатория	стол преподавателя, стол, стул, шкаф, вешалка для одежды, доска маркерная, компьютер персональный
Помещения для самостоятельной работы	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-420/7, Лаборатория М-видео	стол преподавателя, стол, стул, шкаф, вешалка для одежды, доска маркерная, телевизор

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Методы и устройства цифровой обработки сигналов для интернета вещей

(название дисциплины)

3 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

КМ-1 Лабораторная работа «Аналоговые и цифровые сигналы» (Лабораторная работа)

КМ-2 Лабораторная работа «Дискретные преобразования сигналов» (Лабораторная работа)

КМ-3 Лабораторная работа «Цифровые фильтры» (Лабораторная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3
		Неделя КМ:	4	8	12
1	Аналоговые, дискретные, цифровые сигналы и системы				
1.1	Аналоговые, дискретные, цифровые сигналы и системы		+		
2	Дискретные преобразования				
2.1	Дискретные преобразования			+	
3	Цифровая фильтрация				
3.1	Цифровая фильтрация				+
Вес КМ, %:			40	40	20

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТА/РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Методы и устройства цифровой обработки сигналов для интернета вещей

(название дисциплины)

3 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовой работе:

КМ-1 Выполнение 1-2 разделов КР

КМ-2 Выполнение раздела 3- 4

КМ-3 Выполнение раздела 5

КМ-4 Выполнение раздела 6

Вид промежуточной аттестации – защита КР.

Номер раздела	Раздел курсового проекта/курсовой работы	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	8	13	14	16
1	Структурная схема измерительного комплекса для интернета вещей и определение параметров связей между блоками		+			
2	Обзор рынка готовых устройств и компонент комплекса		+			
3	Выбор компонент системы (датчиков, контроллеров, серверов, канального и коммутационного оборудования, языков программирования и операционных систем)			+		
4	Оценка точности измерения величин выбранными датчиками, объема передаваемых данных, выбор и реализация алгоритма цифровой обработки.			+		
5	Оценка стоимости оборудования проекта				+	
6	Оформление работы по ГОСТ 7.32-2017					+
Вес КМ, %:			25	25	25	25