

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

Направление подготовки/специальность: 12.03.01 Приборостроение

Наименование образовательной программы: Приборы и методы контроля качества и диагностики

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ


Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Обязательная
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.О.29
Трудоемкость в зачетных единицах:	7 семестр - 6;
Часов (всего) по учебному плану:	216 часов
Лекции	7 семестр - 16 часов;
Практические занятия	7 семестр - 16 часов;
Лабораторные работы	7 семестр - 32 часа;
Консультации	7 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	7 семестр - 149,5 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Контрольная работа Лабораторная работа	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	7 семестр - 0,5 часа;

Москва 2022

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Барат В.А.
	Идентификатор	Rb173df8d-BaratVA-106e228a

(подпись)

В.А. Барат

(расшифровка
подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Барат В.А.
	Идентификатор	Rb173df8d-BaratVA-106e228a

(подпись)

В.А. Барат

(расшифровка
подписи)

Заведующий выпускающей
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Желбаков И.Н.
	Идентификатор	R839a3a63-ZhelbakovIGN-f73624c

(подпись)

И.Н. Желбаков

(расшифровка
подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение основ цифровой обработки и фильтрации сигналов для последующего применения полученных знаний при практической обработке данных неразрушающего контроля

Задачи дисциплины

- познакомить обучающихся с основами теории дискретных сигналов;
- дать информацию о базовых алгоритмах цифровой обработки сигналов;
- сформировать практические навыки реализации систем 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
ОПК-3 способен проводить экспериментальные исследования и измерения, обрабатывать и представлять полученные данные с учетом специфики методов и средств технических измерений в приборостроении	ИД-2 _{ОПК-3} Обрабатывает и представляет полученные экспериментальные данные для получения обоснованных выводов	знать: - терминологию цифровой обработки сигналов; - методы расчета преобразования Фурье; - основные методы цифровой фильтрации сигналов. уметь: - проектировать фильтры с конечной импульсной характеристикой; - проектировать фильтры с бесконечной импульсной характеристикой; - проводить расчет различных преобразований цифровых сигналов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Приборы и методы контроля качества и диагностики (далее – ОПОП), направления подготовки 12.03.01 Приборостроение, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать основы теории комплексного переменного

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 6 зачетных единиц, 216 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	Дискретизация и квантование сигналов	12	7	2	-	2	-	-	-	-	-	8	-	<p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Дискретизация и квантование сигналов"</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Дискретизация и квантование сигналов"</p> <p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов и подготовка к контрольной работе "Дискретизация сигналов. Теорема Котельникова"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 32-41 [5], 45-50</p>	
1.1	Дискретизация и квантование сигналов	12		2	-	2	-	-	-	-	-	8	-		
2	Основы теории линейных систем	20		2	-	2	-	-	-	-	-	-	16		-
2.1	Основы теории линейных систем	20		2	-	2	-	-	-	-	-	-	16		-
														<p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Основы теории линейных систем"</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Основы теории линейных систем"</p> <p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов и подготовка к работе "Основы теории линейных систем"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 56-72</p>	

3	Z-преобразование и его свойства. Преобразование Фурье.	20	2	-	2	-	-	-	-	-	-	16	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Z-преобразование и его свойства. Преобразование Фурье"
3.1	Z-преобразование и его свойства. Преобразование Фурье	20	2	-	2	-	-	-	-	-	-	16	-	<u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Z-преобразование и его свойства. Преобразование Фурье" <u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов и подготовка к контрольной работе "Применение z-преобразования" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3], 25-34 [4], 150-166
4	Проектирование фильтров с конечной импульсной характеристикой	34	2	8	4	-	-	-	-	-	-	20	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Проектирование фильтров с конечной импульсной характеристикой"
4.1	Проектирование фильтров с конечной импульсной характеристикой	34	2	8	4	-	-	-	-	-	-	20	-	<u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Проектирование фильтров с конечной импульсной характеристикой" <u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе №1 необходимо предварительно изучить тему и цель выполнения лабораторной работы №1, выполнить подготовку к лабораторной работе. <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 395-405
5	Проектирование фильтров с бесконечной импульсной	34	4	8	2	-	-	-	-	-	-	20	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Проектирование фильтров с бесконечной

	Фурье, явление частотного рассеивания												преобразование Фурье. Явление частотного рассеивания" <u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе №4 необходимо предварительно изучить тему и цель выполнения лабораторной работы №4, выполнить подготовку к лабораторной работе.
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	216.0	16	32	16	-	2	-	-	0.5	116	33.5	
	Итого за семестр	216.0	16	32	16		2		-	0.5		149.5	

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. Дискретизация и квантование сигналов

1.1. Дискретизация и квантование сигналов

Понятие о дискретном сигнале. Базовые дискретные сигналы. Дискретизация сигналов, теорема Котельникова. Погрешность дискретизации и способы ее уменьшения. Квантование сигналов по уровню. Оптимальные схемы квантования..

2. Основы теории линейных систем

2.1. Основы теории линейных систем

Понятие о линейной системе с постоянными параметрами. Свойство устойчивости и физической реализуемости линейных систем. Способы представления линейных систем при помощи блок-схемы, импульсной функции, разностного уравнения. Операции цифровой и линейной свертки.

3. Z-преобразование и его свойства. Преобразование Фурье.

3.1. Z-преобразование и его свойства. Преобразование Фурье

Z-преобразование и его свойства. Обратное z-преобразование. Нули и полюса z-преобразования. Решение разностных уравнений и получение АЧХ линейных систем при помощи z-преобразования. Преобразование Фурье дискретных сигналов. Сравнение преобразования Фурье непрерывных и дискретных сигналов. Свойство преобразования Фурье. Теорема Парсеваля. Соотношение между преобразованием Фурье и z-преобразованием.

4. Проектирование фильтров с конечной импульсной характеристикой

4.1. Проектирование фильтров с конечной импульсной характеристикой

Понятие о фильтрах с конечной импульсной характеристикой (КИХ), их свойства, достоинства и недостатки. Способы представления КИХ фильтров. Проектирование нерекурсивных фильтров методом взвешивания. Типы временных окон. Их основные характеристики. Прямоугольная и треугольная оконные функции, обобщенное окно Хэмминга, оконная функция Кайзера. Проектирование рекурсивных фильтров методом дискретизации частотной характеристики. Comb-фильтр и резонатор. Секционированная свертка, вычисление секционированной свертки методом перекрытия с суммированием и методом перекрытия с накоплением.

5. Проектирование фильтров с бесконечной импульсной характеристикой

5.1. Проектирование фильтров с бесконечной импульсной характеристикой

Понятие о фильтрах с бесконечной импульсной характеристикой (БИХ). Их свойства, достоинства и недостатки. Устойчивость БИХ фильтров. Проектирование фильтров при помощи z-преобразования. Простейшие низкочастотный, высокочастотный, полосовой и режекторный фильтры. Проектирование фильтров Баттерворта и Чебышева методом билинейного z-преобразования. Определение порядка фильтра в соответствии с заданными требованиями. Расчет координат нулей и полюсов, способы реализации фильтров Баттерворта и Чебышева. Проектирование БИХ фильтров методом инвариантного преобразования импульсной характеристики, выбор шага дискретизации импульсной характеристики.

6. Цифровое интегрирование и дифференцирование

6.1. Цифровое интегрирование и дифференцирование

Цифровое интегрирование, метод прямоугольников, трапеций, Симпсона. Сравнение передаточных характеристик систем, реализующих различные способы интегрирования с передаточной характеристикой идеального дифференциатора. Понятие о цифровом дифференцировании. Простейший дифференциатор, его характеристики. Проектирование дифференциатора методом взвешивания.

7. Дискретное преобразование Фурье, явление частотного рассеивания

7.1. Дискретное преобразование Фурье, явление частотного рассеивания

Дискретное преобразование Фурье, разрешающая способность дискретного преобразования Фурье, способы ее увеличения. Явление частотного рассеивания, способы его устранения. Быстрое преобразование Фурье, алгоритм быстрого преобразования Фурье с прореживанием по времени.

3.3. Темы практических занятий

1. Дискретизация сигналов. Ряд Котельникова, теорема Котельникова;
2. Расчет прямого и обратного z-преобразования;
3. Проектирование простейших БИХ фильтров при помощи z-преобразования;
4. Проектирование простейшего сглаживающего фильтра методом взвешивания;
5. Comb-фильтр и резонатор;
6. Расчет низкочастотного фильтра Баттерворта;
7. Частотные свойства интеграторов;
8. Исследование частотного разрешения преобразования.

3.4. Темы лабораторных работ

1. Проектирование фильтров с бесконечной импульсной характеристикой;
2. Проектирование фильтров с конечной импульсной характеристикой;
3. Дискретное преобразование Фурье, явление частотного рассеивания;
4. Цифровое интегрирование и дифференцирование.

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по разделу "Дискретизация и квантование сигналов"
2. Обсуждение материалов по разделу "Основы теории линейных систем"
3. Обсуждение материалов по разделу "Z-преобразование и его свойства. Преобразование Фурье"
4. Обсуждение материалов по разделу "Проектирование фильтров с конечной импульсной характеристикой"
5. Обсуждение материалов по разделу "Проектирование фильтров с бесконечной импульсной характеристикой"
6. Обсуждение материалов по разделу "Цифровое интегрирование и дифференцирование"
7. Обсуждение материалов по разделу "Дискретное преобразование Фурье, явление частотного рассеивания"

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	6	7		
Знать:										
основные методы цифровой фильтрации сигналов	ИД-2ОПК-3							+		Лабораторная работа/Защита лабораторной работы № 3
методы расчета преобразования Фурье	ИД-2ОПК-3								+	Лабораторная работа/Защита лабораторной работы № 4
терминологию цифровой обработки сигналов	ИД-2ОПК-3	+								Контрольная работа/Контрольная работа "Дискретизация сигналов. Теорема Котельникова"
Уметь:										
проводить расчет различных преобразований цифровых сигналов	ИД-2ОПК-3		+	+						Контрольная работа/Контрольная работа "Основы теории линейных систем" Контрольная работа/Контрольная работа "Применение z-преобразования"
проектировать фильтры с бесконечной импульсной характеристикой	ИД-2ОПК-3						+			Лабораторная работа/Защита лабораторной работы № 2
проектировать фильтры с конечной импульсной характеристикой	ИД-2ОПК-3				+					Лабораторная работа/Защита лабораторной работы № 1

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

7 семестр

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа "Дискретизация сигналов. Теорема Котельникова" (Контрольная работа)
2. Контрольная работа "Основы теории линейных систем" (Контрольная работа)
3. Контрольная работа "Применение z-преобразования" (Контрольная работа)

Форма реализации: Смешанная форма

1. Защита лабораторной работы № 1 (Лабораторная работа)
2. Защита лабораторной работы № 2 (Лабораторная работа)
3. Защита лабораторной работы № 3 (Лабораторная работа)
4. Защита лабораторной работы № 4 (Лабораторная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №7)

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 7 семестр.

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Сергиенко, А. Б. Цифровая обработка сигналов : учебное пособие для вузов по направлению 210300 "Радиотехника" / А. Б. Сергиенко . – 3-е изд . – СПб. : БХВ-Петербург, 2013 . – 768 с. – (Учебная литература для вузов) . - ISBN 978-5-9775-0915-2 .;
2. Лайонс, Р. Цифровая обработка сигналов : пер. с англ. / Р. Лайонс . – 2-е изд . – М. : Бином-Пресс, 2006 . – 656 с. - ISBN 5-9518014-9-4 .;
3. Кравченко, В. Ф. Лекции по теории атомарных функций и некоторым их приложениям / В. Ф. Кравченко . – М. : Радиотехника, 2003 . – 512 с. - ISBN 5-931080-19-8 .;
4. 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 .;
5. С.В. Умняшкин- "Основы теории цифровой обработки сигналов", (4-е изд., исправ.), Издательство: "Техносфера", Москва, 2018 - (528 с.)
<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=496608>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux;

3. Scilab.

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. База данных ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
6. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>
7. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
8. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	В-400/1, Учебная аудитория каф. "ЭИ"	стол преподавателя, стол, стул, шкаф для хранения инвентаря, стол письменный, вешалка для одежды, тумба, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, кондиционер, стенд лабораторный, сменные запчасти для ЭВМ
	В-310, Учебная лаборатория	рабочее место сотрудника, стеллаж для хранения книг, стол, стол компьютерный, стул, шкаф, тумба, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	В-400/1, Учебная аудитория каф. "ЭИ"	стол преподавателя, стол, стул, шкаф для хранения инвентаря, стол письменный, вешалка для одежды, тумба, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, кондиционер, стенд лабораторный, сменные запчасти для ЭВМ
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	В-400/1, Учебная аудитория каф. "ЭИ"	стол преподавателя, стол, стул, шкаф для хранения инвентаря, стол письменный, вешалка для одежды, тумба, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, кондиционер, стенд лабораторный, сменные запчасти для

		ЭВМ
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	В-310, Учебная лаборатория	рабочее место сотрудника, стеллаж для хранения книг, стол, стол компьютерный, стул, шкаф, тумба, компьютерная сеть с выходом в Интернет, 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	В-306/1, Кабинет сотрудников	кресло рабочее, рабочее место сотрудника, стеллаж, стул, шкаф для документов, вешалка для одежды, тумба, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	В-308/1, Кладовая	

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Цифровая обработка сигналов

(название дисциплины)

7 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Контрольная работа "Дискретизация сигналов. Теорема Котельникова" (Контрольная работа)
- КМ-2 Контрольная работа "Основы теории линейных систем" (Контрольная работа)
- КМ-3 Контрольная работа "Применение z-преобразования" (Контрольная работа)
- КМ-4 Защита лабораторной работы № 1 (Лабораторная работа)
- КМ-5 Защита лабораторной работы № 2 (Лабораторная работа)
- КМ-6 Защита лабораторной работы № 3 (Лабораторная работа)
- КМ-7 Защита лабораторной работы № 4 (Лабораторная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6	КМ-7
		Неделя КМ:	4	6	8	10	12	14	16
1	Дискретизация и квантование сигналов								
1.1	Дискретизация и квантование сигналов		+						
2	Основы теории линейных систем								
2.1	Основы теории линейных систем			+	+				
3	Z-преобразование и его свойства. Преобразование Фурье.								
3.1	Z-преобразование и его свойства. Преобразование Фурье			+	+				
4	Проектирование фильтров с конечной импульсной характеристикой								
4.1	Проектирование фильтров с конечной импульсной характеристикой					+			
5	Проектирование фильтров с бесконечной импульсной характеристикой								
5.1	Проектирование фильтров с бесконечной импульсной характеристикой						+		
6	Цифровое интегрирование и дифференцирование								

6.1	Цифровое интегрирование и дифференцирование						+	
7	Дискретное преобразование Фурье, явление частотного рассеивания							
7.1	Дискретное преобразование Фурье, явление частотного рассеивания							+
Вес КМ, %:		10	20	10	20	20	10	10