



КГЭУ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)

9 28.04.2026

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИЦТЭ

Наименование института

Э.И. Беляев

«30» мая 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.01.03 Цифровая обработка сенсорной информации

(Наименование дисциплины в соответствии с РУП)

Направление подготовки

15.03.06 Мехатроника и робототехника

(Код и наименование направления подготовки)

Квалификация

бакалавр

(Бакалавр / Магистр)

г. Казань, 2023

Программу разработал(и):

Наименование кафедры	Должность, уч.степень, уч.звание	ФИО разработчика
ПМ	Профессор, д.т.н.	Андреев Н.К.

Согласование	Наименование подразделения	Дата	№ протокола	Подпись
Одобрена	ПМ	16.05.2023	№5	_____ Зав.каф., к.т.н., доц. Козелков О.В.
Согласована	ПМ	16.05.2023	№5	_____ Зав.каф., к.т.н., доц. Козелков О.В.
Согласована	Учебно-методический совет института ИЦТЭ	30.05.2023	№7	_____ Директор ИЦТЭ, к.т.н., доц.Беляев Э.И.
Одобрена	Ученый совет института ИЦТЭ	30.05.2023	№9	_____ Директор ИЦТЭ, к.т.н., доц.Беляев Э.И.

(Цель и задачи освоения дисциплины, соответствующие цели ОП)

Целью освоения дисциплины Цифровая обработка сенсорной информации является:

1. Курс «Цифровая обработка сенсорной информации» является научной основой разработки и исследования цифровых фильтров, служащих для оперативной обработки информации, полученной через сенсоры устройств контроля и управления устройствами и технологическими процессами на базе микропроцессорных систем. Поэтому цель изучения дисциплины – дать обучающемуся знания, умения и практические навыки, необходимые для последующего изучения специальных технических дисциплин, а также дальнейшей его деятельности по разработке и использованию схем управления устройствами и технологическими процессами.

Задачами дисциплины являются:

1. Изучение физических способов обработки сигналов, зарегистрированных с помощью сенсоров, дискретизации и перевода в цифровой код, изучение разностных уравнений, структуры и передаточных функций цифровых фильтров, методы их синтеза по заданным частотным характеристикам применительно к задачам мехатроники и робототехники.

Компетенции и индикаторы, формируемые у обучающихся:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора
ПК-3 Способен производить расчеты и выбор исполнительных приводов, отдельных электронных и микропроцессорных устройств, цифровых устройств управления мехатронных систем	ПК-3.2 Производит выбор и расчеты отдельных электронных и микропроцессорных устройств мехатронных систем

2. Место дисциплины в структуре ОП

Предшествующие дисциплины (модули), практики, НИР, др.

– 3 сем. - Б1.О.17 Цифровая техника и электроника;

- 4 сем. - Б1.О.19 Автоматизированный электропривод.

Дисциплина изучается в 5 семестре.

Последующие дисциплины (модули), практики, НИР, др.

- 6 сем. – Б1.В.01.04. Управляемый электропривод мехатронных и робототехнических систем;

- 8 сем. - Б1.В.ДЭ.01.02.06 Оптимальное управление мехатронными системами.

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Структура дисциплины

Для очной формы обучения

Вид учебной работы	Всего ЗЕ	Всего часов	Семестр(ы)
			5
ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ	4	144	144
КОНТАКТНАЯ РАБОТА*	-	65	65
АУДИТОРНАЯ РАБОТА	1,39	50	50
Лекции	0,45	16	16
Лабораторные работы	-	-	-
Практические работы	0,94	34	34
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ	2,61	94	94
Проработка учебного материала	1,61	58	58
Подготовка к промежуточной аттестации	1		36
Промежуточная аттестация:			Э

3.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и видам занятий

Разделы дисциплины	Всего часов	Распределение трудоемкости по видам учебной работы				Формы и вид контроля	Индексы индикаторов формируемых компетенций
		лекции	лаб. раб.	пр. зан.	сам. раб.		
Раздел 1. Дискретные и цифровые сигналы и системы. Методы математического описания и анализа	26	4	-	8	14	ТК1	ПК 3.2
Раздел 2. Рекурсивные и нерекурсивные цифровые фильтры. Методы структурной реализации и синтеза	54	8	-	16	30	ТК2	ПК 3.2
Раздел 3. Методы цифровой фильтрации и спектрально-корреляционного анализа сигналов на основе ДПФ	28	4	-	10	14	ТК3	ПК 3.2

Экзамен	36					ОМ 1	ПК 3.2
Итого за 5 семестр	144	16	-	34	58		
ИТОГО	144	16	-	34	58		

3.3. Содержание дисциплины

Раздел 1. Дискретные и цифровые сигналы и системы. Методы математического описания и анализа

Тема 1.1. Введение в цифровую обработку сигналов. Сигналы и их преобразования при цифровой обработке. Математические модели дискретных сигналов. Спектр дискретного сигнала. Связь между спектрами дискретного и аналогового сигналов. Дискретизация аналоговых сигналов с финитным спектром при частоте дискретизации, отвечающей теореме отсчетов. Дискретизация аналоговых сигналов с финитным спектром при частоте дискретизации, не отвечающей теореме отсчетов. Явление наложения спектров. Дискретизация аналоговых сигналов с неограниченным по частоте спектром. Явление подмены частот при дискретизации. Квантование сигналов по уровню. Погрешность квантования. Цифровое кодирование сигнала. Дробное кодирование цифрового сигнала. Погрешность квантования цифрового сигнала. Условия выбора разрядности АЦП.

Математические описания и характеристики дискретных систем

Методы математического описания линейных дискретных систем во временной области и алгоритмы цифровой фильтрации на их основе. Разностные уравнения линейных дискретных систем. Рекурсивные и нерекурсивные цифровые фильтры. Дискретная временная свертка. Цифровые фильтры БИХ- и КИХ-типа. 2.2. Методы математического описания сигналов дискретных систем на комплексной плоскости (в частотной области). Z-преобразование дискретных сигналов. Свойства Z-преобразования дискретных сигналов. Тестовые последовательности дискретных систем. Передаточная функция и частотная характеристика дискретной системы.

Раздел 2. Рекурсивные и нерекурсивные цифровые фильтры. Методы структурной реализации и синтеза.

2.1. Характеристики и структуры цифровых фильтров. Передаточные функции рекурсивных фильтров. Z-преобразования разностных уравнений или дискретной временной свертки. Передаточные функции рекурсивных фильтров, получаемые на основе разностных уравнений. Нули и полюсы передаточной функции. Нуль-полюсная форма передаточной функции. Частотные характеристики рекурсивных фильтров. Формы реализации рекурсивных фильтров. Каскадная форма реализации рекурсивных фильтров. Прямая форма реализации биквадратного звена. Каноническая форма реализации биквадратного звена. Прямая форма реализации, передаточная функция и частотная характеристика нерекурсивного фильтра.

2.2. Синтез рекурсивных фильтров по заданной частотной характеристике. Исходные данные для синтеза ЦФ по заданной амплитудночастотной характеристике: тип фильтра (ФНЧ, ФВЧ, ППФ, ПЗФ и др.); частоты среза, задерживания ω_c , ω_z , определяющие границы и значения полос пропускания, задерживания и переходных полос фильтра; допустимая неравномерность АЧХ фильтра в полосе пропускания (или ослабление на границах полосы пропускания в случае монотонных АЧХ) α_p , дБ; минимальное затухание АЧХ в полосе задерживания α_z , дБ. Параметры α_p , α_z , определяющие допустимые погрешности аппроксимации заданной идеализированной АЧХ $|H_d(j\omega)|$: уровни допустимого отклонения расчетной АЧХ $|H(j\omega)|$ от 1 в полосе пропускания $(1-\delta_1)$ и от нуля в полосе задерживания δ_2 . Синтез рекурсивных фильтров по аналоговому прототипу. Метод билинейного преобразования. Простое билинейное преобразование. Обобщенные билинейные преобразования. Задачи синтеза аналогового ФНЧ-прототипа. Переход от АФПНЧ к ЦФ заданного типа. Методика синтеза РФ по аналоговому прототипу.

2.3. Синтез нерекурсивных фильтров (НФ) по заданной частотной характеристике.

Синтез нерекурсивных фильтров методом весовых функций. Графическая иллюстрация метода. Требования к весовым функциям. Параметры весовых функций. Описания весовых функций. Весовые функции Кайзера. Методика синтеза НФ методом весовых функций. Синтез нерекурсивных фильтров методом частотной выборки. Численные методы синтеза цифровых фильтров.

2.4. Оценка и обеспечение точности цифровых фильтров.

Влияние конечной разрядности чисел. Оценка погрешности квантования чисел. Влияние квантования коэффициентов фильтра. Масштабирование сигналов в цифровых фильтрах. Методы расчета масштабных множителей. Расчет масштабных множителей звена рекурсивного фильтра 2-го порядка прямой формы реализации. Расчет масштабных множителей для каскадной структуры рекурсивного фильтра. Оценка шумов квантования и требуемой разрядности АЦП и регистров. Детерминированный метод оценки шумов квантования. Вероятностный метод оценки шумов квантования. Расчет шума квантования ацп на выходе цифрового фильтра. Расчет собственных шумов квантования звена РФ 2-го порядка для прямой формы реализации. Расчет собственных шумов квантования для каскадной формы реализации рекурсивного фильтра. Методика решения задач конечной разрядности чисел в цифровых фильтрах.

Раздел 3. Методы цифровой фильтрации и спектрально-корреляционного анализа сигналов на основе ДПФ

3.1. Алгоритм цифровой фильтрации сигналов на основе дискретного преобразования Фурье. Дискретное преобразование Фурье и его свойства. Обоснование шага дискретизации по частоте при вычислении ДПФ. Свойства дискретного преобразования Фурье. Вычисление линейной свертки с помощью ДПФ. Алгоритм цифровой фильтрации конечных последовательностей на

основе ДПФ. Эффективность цифровой фильтрации на основе ДПФ. Фильтрация последовательностей большой длины с помощью ДПФ (секционированные свертки).

3.2. Анализаторы спектра сигналов на основе дискретного преобразования Фурье. Базовая структура анализатора спектра и измеряемые им спектральные характеристики сигналов. Частотные характеристики анализатора спектра. Определение откликов анализатора спектра на гармонические сигналы. Роль весовых функций при спектральном анализе и их основные параметры

3.4. Тематический план практических занятий

Практика 1. Изучения среде Матлаб пакетов Data Acquisition, Help Demos, Toolboxes/Data Acquisition, Example Oscilloscope, Example Function Generator.

Практика 2. Погрешность квантования цифрового сигнала. Условия выбора разрядности АЦП.

Практики 3, 4. Разностные уравнения линейных дискретных систем. Рекурсивные и нерекурсивные цифровые фильтры. Пример всепропускающего фильтра в Матлабе. Программа дискретной свертки conv. Программа обращения свертки deconv. Функция дискретной фильтрации filter.

Практики 5, 6. Доступ к внутреннему состоянию фильтра. Компенсация фазового сдвига. Расчет импульсной характеристики фильтра. Расчет частотной характеристики фильтра. Задание вектора частот фильтра. Расчет групповой задержки. Отображение нулей и полюсов фильтра. Разложение на простые дроби.

Синтез рекурсивных фильтров по аналоговому прототипу. Метод билинейного преобразования. Простое билинейное преобразование. Обобщенные билинейные преобразования. Задачи синтеза аналогового

ФНЧ-прототипа. Переход от АФПНЧ к ЦФ заданного типа. Методика синтеза РФ по аналоговому прототипу. Функции, работающие с секциями второго порядка. Изменение частоты дискретизации. Передискретизация.

Практики 7, 8. Синтез рекурсивных фильтров по заданной частотной характеристике. Синтез рекурсивных фильтров по аналоговому прототипу. Метод билинейного преобразования. Простое билинейное преобразование. Обобщенные билинейные преобразования. Задачи синтеза аналогового ФНЧ-прототипа. Переход от АФПНЧ к ЦФ заданного типа. Функции выбора порядка фильтра. Функция Bilinear. Функция Impinvar. Функции Yulewalk. Функция Invfreqz. Функция Prony.

Практики 10 и 11. Синтез нерекурсивных фильтров методом весовых функций. Синтез нерекурсивных фильтров методом частотной выборки. Функции Fir1 и Fir2. Функция Kaiserord. Расчет ФНЧ с косинусоидальным

сглаживанием.

Практики 12 и 13. Оценка и обеспечение точности цифровых фильтров.

Влияние конечной разрядности чисел. Оценка погрешности квантования чисел. Влияние квантования коэффициентов фильтра. Функции минимизации среднеквадратичной ошибки. Методы Ремеза. АЧХ нерекурсивного ФНЧ до и после округления коэффициентов. АЧХ рекурсивного ФНЧ до и после округления коэффициентов. Масштабирование коэффициентов цифровых фильтров. Переполнение разрядной сетки в процессе вычислений.

Оценка шумов квантования и требуемой разрядности АЦП и регистров.

Практики 14 и 15. Алгоритм цифровой фильтрации сигналов на основе дискретного преобразования Фурье. Повышение спектрального разрешения при дополнении сигнала нулями. ДПФ как дискретная фильтрация. Растекание спектра. Происхождение растекания спектра. Весовые функции и окна.

Практики 16 и 17. Обработка сигналов и изображений. Работа с программой FDATool. Программа Simulink.

3.5. Тематический план лабораторных работ

Данный вид работы не предусмотрен учебным планом.

3.6. Курсовой проект /курсовая работа

Данный вид работы не предусмотрен учебным планом.

4. Оценивание результатов обучения

Оценивание результатов обучения по дисциплине осуществляется в рамках текущего контроля и промежуточной аттестации, проводимых по балльно-рейтинговой системе (БРС).

Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

Код компетенции	Код индикатора компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Уровень сформированности индикатора компетенции			
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий
			от 85 до 100	от 70 до 84	от 55 до 69	от 0 до 54
Шкала оценивания						
			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно
зачтено						не зачтено
ПК-3.2	ПК-3.2 Производит выбор и расчеты отдельных электронных и микропроцессорных устройств мехатронных систем	знать:				
		Устройство, принцип действия и назначение отдельных электронных и микропроцессорных устройств мехатронных систем	Знает все принципы действия и назначение отдельных электронных и микропроцессорных устройств мехатронных систем	Знает основные принципы действия и назначение отдельных электронных и микропроцессорных устройств мехатронных систем	Имеет все конспекты по проведенным занятиям. Путается в принципах действия и назначении отдельных электронных и микропроцессорных устройств мехатронных систем	Отсутствуют конспекты занятий. Не знает принцип действия и назначение отдельных электронных и микропроцессорных устройств мехатронных систем
		уметь:				

		Применять методы выбора и расчетов, моделирования отдельных электронных и микропроцессорных устройств мехатронных систем	Умеет применять все методы выбора и расчетов, моделирования отдельных электронных и микропроцессорных устройств мехатронных систем	В основном умеет применять все методы выбора и расчетов, моделирования отдельных электронных и микропроцессорных устройств мехатронных систем	Путает методы выбора и расчетов, моделирования отдельных электронных и микропроцессорных устройств мехатронных систем. Имеет конспекты по всем занятиям	Не умеет применять методы выбора и расчетов, моделирования отдельных электронных и микропроцессорных устройств мехатронных систем. Конспекты отсутствуют.
		методами выбора и расчетов, моделирования отдельных электронных и микропроцессорных устройств мехатронных систем	Четко владеет всеми методами выбора и расчетов, моделирования отдельных электронных и микропроцессорных устройств мехатронных систем	Владеет основным и методами выбора и расчетов, моделирования отдельных электронных и микропроцессорных устройств мехатронных систем	Путается при проведении выбора и расчетов, моделирования отдельных электронных и микропроцессорных устройств мехатронных систем. Имеет все конспекты занятий.	Не владеет методами выбора и расчетов, моделирования отдельных электронных и микропроцессорных устройств мехатронных систем. Конспекты занятий отсутствуют.

Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации приведены в Приложении к рабочей программе дисциплины.

Полный комплект заданий и материалов, необходимых для оценивания результатов обучения по дисциплине, хранится на кафедре разработчика.

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

5.1. Учебно-методическое обеспечение

5.1.1. Основная литература

1. Гильфанов К.Х. Микропроцессорные системы управления: Учебное пособие. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2006.

2. Программные средства микропроцессорного управления объектами мехатронных систем : Методические указания по выполнению лабораторных работ /Сост.: Н.К. Андреев, А.С. Малацион, Р.М. Баязитов. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2018. – 38 с.

5.1.2. Дополнительная литература

1. Нестеров, К.Е. Программирование промышленных контроллеров : учеб.-метод. пособие / К.Е. Нестеров, А.М. Зюзев.— Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2019.— 96 с. : ил.

2. Siemens. Программируемые логические контроллеры. Ч.1. Аппаратные и программные средства ПЛК.

3. Siemens. Программируемые логические контроллеры. Ч.2. Программирование ПЛК.

4. Siemens. Программируемые логические контроллеры. Ч.3. Основы разработки программ для ПЛК. / УИЦ ЗАО «Экоинвент»

(Примечание: Любая другая литература, которая рекомендуется лектором по данной дисциплине).

5.2. Информационное обеспечение

5.2.1. Электронные и интернет-ресурсы

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

5.2.2. Профессиональные базы данных / Информационно-справочные системы

Нет

5.2.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение дисциплины

MatLab, программы в пакете STEP 7-Micro/WIN 32.

6. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Наименование вида учебной работы	Наименование учебной аудитории, специализированной лаборатории	Перечень необходимого оборудования и технических средств обучения
Лекции	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), демонстрационное оборудование, учебно-наглядные пособия
Практические занятия	Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран) и др
Самостоятельная работа	Компьютерный класс с выходом в Интернет В-600а	Специализированная учебная мебель на 30 посадочных мест, 30 компьютеров, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), видеокамеры, программное обеспечение
	Читальный зал библиотеки	Специализированная мебель, компьютерная техника с возможностью выхода в Интернет и обеспечением доступа в ЭИОС, экран, мультимедийный проектор, программное обеспечение

7. Особенности организации образовательной деятельности для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Лица с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) и инвалиды имеют возможность беспрепятственно перемещаться из одного учебно-лабораторного корпуса в другой, подняться на все этажи учебно-лабораторных корпусов, заниматься в учебных и иных помещениях с учетом особенностей психофизического развития и состояния здоровья.

Для обучения лиц с ОВЗ и инвалидов, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, обеспечены условия беспрепятственного доступа во все учебные помещения. Информация о специальных условиях, созданных для обучающихся с ОВЗ и инвалидов, размещена на сайте университета www//kgeu.ru. Имеется возможность оказания технической помощи ассистентом, а также услуг сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушенным слухом справочного, учебного материала по дисциплине обеспечиваются следующие условия:

- для лучшей ориентации в аудитории, применяются сигналы оповещения о начале и конце занятия (слово «звонок» пишется на доске);

- внимание слабослышащего обучающегося привлекается педагогом жестом (на плечо кладется рука, осуществляется нерезкое похлопывание);

- разговаривая с обучающимся, педагогический работник смотрит на него, говорит ясно, короткими предложениями, обеспечивая возможность чтения по губам.

Компенсация затруднений речевого и интеллектуального развития слабослышащих обучающихся проводится путем:

- использования схем, диаграмм, рисунков, компьютерных презентаций с гиперссылками, комментирующими отдельные компоненты изображения;

- регулярного применения упражнений на графическое выделение существенных признаков предметов и явлений;

- обеспечения возможности для обучающегося получить адресную консультацию по электронной почте по мере необходимости.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушениями зрения справочного, учебного, просветительского материала, предусмотренного образовательной программой по выбранному направлению подготовки, обеспечиваются следующие условия:

- ведется адаптация официального сайта в сети Интернет с учетом особых потребностей инвалидов по зрению, обеспечивается наличие крупношрифтовой справочной информации о расписании учебных занятий;

- педагогический работник, его собеседник (при необходимости), присутствующие на занятии, представляются обучающимся, при этом каждый раз называется тот, к кому педагогический работник обращается;

- действия, жесты, перемещения педагогического работника коротко и ясно комментируются;

- печатная информация предоставляется крупным шрифтом (от 18 пунктов), тотально озвучивается;

- обеспечивается необходимый уровень освещенности помещений;

- предоставляется возможность использовать компьютеры во время занятий и право записи объяснений на диктофон (по желанию обучающихся).

Форма проведения текущей и промежуточной аттестации для обучающихся с ОВЗ и инвалидов определяется педагогическим работником в соответствии с учебным планом. При необходимости обучающемуся с ОВЗ, инвалиду с учетом их индивидуальных психофизических особенностей дается возможность пройти промежуточную аттестацию устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п., либо предоставляется дополнительное время для подготовки ответа.

8. Методические рекомендации для преподавателей по организации воспитательной работы с обучающимися.

Методическое обеспечение процесса воспитания обучающихся выступает одним из определяющих факторов высокого качества образования. Преподаватель вуза, демонстрируя высокий профессионализм, эрудицию, четкую гражданскую позицию, самодисциплину, творческий подход в решении профессиональных задач, в ходе образовательного процесса способствует

формированию гармоничной личности.

При реализации дисциплины преподаватель может использовать следующие методы воспитательной работы:

- методы формирования сознания личности (беседа, диспут, внушение, инструктаж, контроль, объяснение, пример, самоконтроль, рассказ, совет, убеждение и др.);

- методы организации деятельности и формирования опыта поведения (задание, общественное мнение, педагогическое требование, поручение, приучение, создание воспитывающих ситуаций, тренинг, упражнение, и др.);

- методы мотивации деятельности и поведения (одобрение, поощрение социальной активности, порицание, создание ситуаций успеха, создание ситуаций для эмоционально-нравственных переживаний, соревнование и др.)

При реализации дисциплины преподаватель должен учитывать следующие направления воспитательной деятельности:

Гражданское и патриотическое воспитание:

- формирование у обучающихся целостного мировоззрения, российской идентичности, уважения к своей семье, обществу, государству, принятым в семье и обществе духовно-нравственным и социокультурным ценностям, к национальному, культурному и историческому наследию, формирование стремления к его сохранению и развитию;

- формирование у обучающихся активной гражданской позиции, основанной на традиционных культурных, духовных и нравственных ценностях российского общества, для повышения способности ответственно реализовывать свои конституционные права и обязанности;

- развитие правовой и политической культуры обучающихся, расширение конструктивного участия в принятии решений, затрагивающих их права и интересы, в том числе в различных формах самоорганизации, самоуправления, общественно-значимой деятельности;

- формирование мотивов, нравственных и смысловых установок личности, позволяющих противостоять экстремизму, ксенофобии, дискриминации по социальным, религиозным, расовым, национальным признакам, межэтнической и межконфессиональной нетерпимости, другим негативным социальным явлениям.

Духовно-нравственное воспитание:

- воспитание чувства достоинства, чести и честности, совестливости, уважения к родителям, учителям, людям старшего поколения;

- формирование принципов коллективизма и солидарности, духа милосердия и сострадания, привычки заботиться о людях, находящихся в трудной жизненной ситуации;

- формирование солидарности и чувства социальной ответственности по отношению к людям с ограниченными возможностями здоровья, преодоление психологических барьеров по отношению к людям с ограниченными возможностями;

- формирование эмоционально насыщенного и духовно возвышенного отношения к миру, способности и умения передавать другим свой эстетический

ОПЫТ.

Культурно-просветительское воспитание:

- формирование эстетической картины мира;

- формирование уважения к культурным ценностям родного города, края, страны;

- повышение познавательной активности обучающихся.

Научно-образовательное воспитание:

- формирование у обучающихся научного мировоззрения;

- формирование умения получать знания;

- формирование навыков анализа и синтеза информации, в том числе в профессиональной области.

Вносимые изменения и утверждения на новый учебный год

№ п/п	№ раздела внесения изменений	Дата внесения изменений	Содержание изменений	«Согласовано» Зав. каф. реализующей дисциплину	«Согласовано» председатель УМК института (факультета), в состав которого входит выпускающая
1	2	3	4	5	6
1					
2					
3					

*Приложение к рабочей
программе дисциплины*



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КГУ»)**

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
по дисциплине**

Б1.В.01.03 Цифровая обработка сенсорной информации

(Наименование дисциплины в соответствии с учебным планом)

г. Казань, 2023

2. Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации

3. Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

Код компетенции	Код индикатора компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Уровень сформированности индикатора компетенции				
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий	
			от 85 до 100	от 70 до 84	от 55 до 69	от 0 до 54	
			Шкала оценивания				
			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно	
			зачтено			не зачтено	
ПК-3.2	ПК-3.2 Производит выбор и расчеты отдельных электронных и микропроцессорных устройств мехатронных систем	знать:	Устройство, принцип действия и назначение отдельных электронных и микропроцессорных устройств мехатронных систем	Знает все принципы действия и назначение отдельных электронных и микропроцессорных устройств мехатронных систем	Знает основные принципы действия и назначение отдельных электронных и микропроцессорных устройств мехатронных систем	Имеет все конспекты по проведенным занятиям. Путается в принципах действия и назначении отдельных электронных и микропроцессорных устройств мехатронных систем	Отсутствуют конспекты занятий. Не знает принцип действия и назначение отдельных электронных и микропроцессорных устройств мехатронных систем
		уметь:					

		Применять методы выбора и расчетов, моделирования отдельных электронных и микропроцессорных устройств мехатронных систем	Умеет применять все методы выбора и расчетов, моделирования отдельных электронных и микропроцессорных устройств мехатронных систем	В основном умеет применять все методы выбора и расчетов, моделирования отдельных электронных и микропроцессорных устройств мехатронных систем	Путает методы выбора и расчетов, моделирования отдельных электронных и микропроцессорных устройств мехатронных систем. Имеет конспекты по всем занятиям	Не умеет применять методы выбора и расчетов, моделирования отдельных электронных и микропроцессорных устройств мехатронных систем. Конспекты отсутствуют.
		владеть:				
		методами выбора и расчетов, моделирования отдельных электронных и микропроцессорных устройств мехатронных систем	Четко владеет всеми методами выбора и расчетов, моделирования отдельных электронных и микропроцессорных устройств мехатронных систем	Владеет основным и методами выбора и расчетов, моделирования отдельных электронных и микропроцессорных устройств мехатронных систем	Путается при проведении выбора и расчетов, моделирования отдельных электронных и микропроцессорных устройств мехатронных систем. Имеет все конспекты занятий.	Не владеет методами выбора и расчетов, моделирования отдельных электронных и микропроцессорных устройств мехатронных систем. Конспекты занятий отсутствуют.

Оценка «отлично» выставляется за глубокое понимание технологических методов инженерной деятельности, полные и содержательные ответы на вопросы билета;

Оценка «хорошо» выставляется за понимание методов инженерной деятельности, полные и содержательные ответы на вопросы билета;

Оценка «удовлетворительно» выставляется за наличие конспектов по дисциплине;

Оценка «неудовлетворительно» выставляется за отсутствие конспектов по дисциплине.

4. Перечень оценочных средств

Краткая характеристика оценочных средств, используемых при текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающегося по дисциплине:

Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Описание оценочного средства
Конспектирование учебного материала	Краткое текстовое представление переработанной информации	Раздел 1 Дискретные и цифровые сигналы и системы, Методы математического описания и анализа. Раздел 2. Рекурсивные и нерекурсивные цифровые фильтры. Методы структурной реализации и синтеза. Раздел 3. Методы цифровой фильтрации и спектрально-корреляционного анализа на основе ДПФ Раздел 4.
Опрос по разделам (темам)	Знание основных понятий темы/раздела/дисциплины	Раздел 1. Дискретные и цифровые сигналы и системы, Методы математического описания и анализа: 1. Теорема Котельникова и ее ограничения. 2. Математическое описание цифровых последовательностей, импульсная характеристика системы, условие устойчивости по импульсной характеристике. 3. Разностные уравнения систем, реализация цифрового фильтра на основе простейших элементов. Раздел 2. Рекурсивные и нерекурсивные цифровые фильтры. Методы структурной реализации и синтеза: 1. Как вычисляются прямое и обратное Z-преобразования для цифровых систем? 2. Применение Z-преобразования при описании цифровых систем. Структурные схемы цифровых фильтров. 3. Что такое ДВС (дискретная временная свертка)? Возможна ли практическая реализация рекурсивных фильтров на основе ДВС? 4. Как определяется импульсная характеристика цифрового фильтра, какие цифровые фильтры

		<p>называют фильтрами БИХ и КИХ?</p> <p>5. В соответствии с каким алгоритмом осуществляется обработка сигнала рекурсивным цифровым фильтром?</p> <p>6. Взаимосвязь между импульсной характеристикой и коэффициентами нерекурсивных цифровых фильтров?</p> <p>Раздел 3. Методы цифровой фильтрации и спектрально-корреляционного анализа на основе:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Каковы источники погрешностей ЦОС, связанные с конечной разрядностью чисел? 2. Чем вызывается необходимость ограничения разрядности чисел в процессе обработки сигнала в РФ? 3. Последовательная форма ДФ. 4. Параллельная форма ДФ. 5. Синтез рекурсивных фильтров по аналоговому прототипу. 6. Метод билинейного преобразования. 7. Прямые методы синтеза фильтров. <p>Раздел 4.</p>
<p>Собеседование (Сбс)</p>	<p>Средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.</p>	<p>Раздел 1. Дискретные и цифровые сигналы и системы, Методы математического описания и анализа:</p> <p>Теорема Котельникова и ее ограничения.</p> <p>Математическое описание цифровых последовательностей, импульсная характеристика системы, условие устойчивости по импульсной характеристике.</p> <p>3. Разностные уравнения систем, цифровые фильтры.</p> <p>Раздел 2. Рекурсивные и нерекурсивные цифровые фильтры. Методы структурной реализации и синтеза:</p> <p>Прямое и обратное Z-преобразования для цифровых систем.</p> <p>Структурные схемы цифровых фильтров.</p> <p>Дискретная временная свертка (ДВС).</p> <p>Рекурсивные фильтры на основе ДВС.</p> <p>Импульсная характеристика цифрового фильтра.</p> <p>Фильтры БИХ и КИХ?</p> <p>Алгоритм осуществления обработки сигнала рекурсивным цифровым фильтром.</p> <p>Взаимосвязь между импульсной характеристикой и коэффициентами нерекурсивных цифровых фильтров</p> <p>Раздел 3. Методы цифровой фильтрации и спектрально-корреляционного анализа на основе БПФ:</p>

		<p>Источники погрешностей ЦОС, связанные с конечной разрядностью чисел. Необходимость ограничения разрядности чисел в процессе обработки сигнала в рекурсивных Ф. Последовательная форма ДФ. Параллельная форма ДФ. Синтез рекурсивных фильтров по аналоговому прототипу. Метод билинейного преобразования. Прямые методы синтеза фильтров.</p>
--	--	---

5. Перечень контрольных заданий или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины

Для текущего контроля ТК1:

Проверяемая компетенция: ПК-3.2

Контрольные задания 1: Выбрать разрядность и время выборки АЦП по заданным значениям погрешности измерения и полосе частот сигнала по таблице заданий 1.

Контрольные вопросы 1:

1. Какие преобразования имеют место при цифровой обработке сигналов? 2. Что такое дискретный сигнал и дискретная последовательность? 3. Какова природа размножения спектров при дискретизации сигналов по времени? 4. В чем заключается взаимосвязь и отличие спектров дискретного и аналогового сигналов? 5. Как по известному спектру аналогового сигнала определить спектр соответствующего ему дискретного сигнала? 6. В чем заключается явление наложения спектров при дискретизации сигналов? 7. Можно ли по известному спектру дискретного сигнала найти спектр соответствующего ему аналогового сигнала? 8. Из каких условий выбирается частота дискретизации аналоговых сигналов? 9. Какова математическая модель квантования сигнала по уровню? 10. Как определяется погрешность квантования дискретного квантованного сигнала? 11. Как осуществляется цифровое кодирование сигнала? 12. Как определяется погрешность квантования цифрового сигнала? 13. Из каких условий выбирается необходимая разрядность АЦП? 14. Как определяется

автокорреляционная функция и спектральная плотность шума квантования АЦП? 15. При каком условии цифровой и дискретный сигналы математически адекватны?

Задачи к комплексному заданию ТК1:

1. Определите спектр последовательности $S(n) = \{1; 0,5; 1; 0,5; 1,0\}$. Постройте графики $S(n)$, АЧХ и ФЧХ его спектра. Найдите по спектру отсчёты, используя ОДПФ.
2. Определите дискретный сигнал $x(n)$ по $X(z) = \frac{z^2}{z^2+1}$.

Для текущего контроля ТК2:

Проверяемая компетенция: ПК-3.2

Контрольные задания 2:

По заданным табличным данным (таблица заданий 2) произвести синтез: А. Синтез рекурсивных фильтров по заданной частотной характеристике; Б. Синтез рекурсивных фильтров по аналоговому прототипу; В. С помощью метода билинейного преобразования. Г. С использованием простого билинейного преобразования; Д. С использованием обобщенного билинейного преобразования. Примечание: использовать задачи синтеза аналогового ФНЧ-прототипа, перехода от АФПНЧ к ЦФ заданного типа и функции выбора порядка фильтра. Все задачи решить, пользуясь программной средой Матлаб.

Контрольные вопросы 2:

1. Как находится передаточная функция РФ по его разностному уравнению? 2. Что такое нули и полюсы цифрового фильтра и какую информацию они несут? 3. Какой вид имеет нуль-полюсная форма передаточной функции РФ и каково ее практическое значение? 4. В чем заключается способ графического нахождения частотной характеристики РФ? 5. Каковы условия физической реализуемости и устойчивости РФ? 6. Каковы основные формы реализации РФ и их математические описания? 7. Каковы структуры и математические описания прямой и канонической форм реализации рекурсивных звеньев второго порядка? 8. Как осуществляется обработка сигнала рекурсивным звеном второго порядка? 9. Какова структура НФ на основе ДВС? 10. Каково условие линейности фазочастотной характеристики НФ? 11. Как аналитически найти отклик РФ на заданное входное воздействие? 12. Как аналитически найти отклик НФ на заданное входное воздействие? 13. Каков требуемый объем вычислений и памяти для РФ и НФ? 14. Каковы сравнительные преимущества РФ и НФ?

Задачи к комплексному заданию ТК2:

1. Методом непосредственной подстановки найти $y(n)$ и построить его

график для входного сигнала $x(n) = \delta_1 - \delta_1(n-1) + \delta_1(n-2)$ – и фильтра, заданного разностным уравнением $y(n) = y(n-3) + \frac{1}{2}[x(n) + x(n-1) + x(n-2)]$. Начальные условия – нулевые. Построить структурную схему фильтра. 2.

2. С помощью метода z-преобразования найти передаточную характеристику фильтра, заданного разностным уравнением $y(n) = y(n-1) - y(n-2) + y(n-3) + \frac{1}{2}x(n)$ при входном воздействии $x(n) = -\delta_1 \delta_1 - \delta_1(n-1)$. Используя обратное z-преобразование, найти $y(n)$ и определить его значение при $n < 5$.

Для текущего контроля ТКЗ:

Проверяемая компетенция: ПК-3.2

Контрольные задания 3:

Решить варианты задачи из КЗ 2, пользуясь программой пакета FDA TOOL среды Матлаб.

Контрольные вопросы 3:

1. Что такое ДПФ и по какому числу частотных выборок оно вычисляется? 2. Как проявляется во временной области дискретизация сигнала по частоте? 3. Как определяется ОДПФ и отличается ли оно от исходной последовательности? 4. Как используется ДПФ для вычисления свертки и цифровой фильтрации? 5. Из каких условий выбирается длина секции при фильтрации последовательностей большой длины с помощью ДПФ? 7. Какова вычислительная эффективность фильтрации на основе ДПФ (БПФ)?

Задачи к комплексному заданию ТКЗ:

1. Синтезируйте КИХ-фильтр, используя метод частотной выборки по заданным АЧХ и ФЧХ;
2. Постройте схему фильтра.

Для промежуточной аттестации (ОМ):

Лекция 1.

1. Какие преобразования имеют место при цифровой обработке сигналов? 2. Что такое дискретный сигнал и дискретная последовательность? 3. Какова природа размножения спектров при дискретизации сигналов по времени? 4. В чем заключается взаимосвязь и отличие спектров дискретного и аналогового сигналов? 5. Как по известному спектру аналогового сигнала определить спектр соответствующего ему дискретного сигнала? 6. В чем заключается явление наложения спектров при дискретизации сигналов? 7. Можно ли по известному спектру дискретного сигнала найти спектр соответствующего ему аналогового сигнала? 8. Из

каких условий выбирается частота дискретизации аналоговых сигналов? 9. Какова математическая модель квантования сигнала по уровню? 10. Как определяется погрешность квантования дискретного квантованного сигнала? 11. Как осуществляется цифровое кодирование сигнала? 12. Как определяется погрешность квантования цифрового сигнала? 13. Из каких условий выбирается необходимая разрядность АЦП? 14. Как определяется автокорреляционная функция и спектральная плотность шума квантования АЦП? 15. При каком условии цифровой и дискретный сигналы математически адекватны?

Лекция 2.

1. В соответствии с каким алгоритмом и как осуществляется обработка сигнала рекурсивным и нерекурсивным фильтрами? 2. Что понимается под импульсной характеристикой дискретной системы? 3. Какие фильтры называются фильтрами БИХ и КИХ-типа? 4. Что является коэффициентами нерекурсивных фильтров? 5. Какое преобразование применяют для описания дискретных сигналов и систем на комплексной плоскости и почему? 6. Какова связь между Z-преобразованием и преобразованием Фурье? 7. Как определяются передаточная функция и частотная характеристика дискретной системы? 8. Какова связь между передаточной функцией, частотной и импульсной характеристиками дискретной системы? 9. Каковы особенности частотных характеристик дискретных систем? 10. Как изменяется частотная характеристика дискретной системы при изменении частоты дискретизации?

Лекция 3.

1. Как находится передаточная функция РФ по его разностному уравнению? 2. Что такое нули и полюсы цифрового фильтра и какую информацию они несут? 3. Какой вид имеет нуль–полюсная форма передаточной функции РФ и каково ее практическое значение? 4. В чем заключается способ графического нахождения частотной характеристики РФ? 5. Каковы условия физической реализуемости и устойчивости РФ? 6. Каковы основные формы реализации РФ и их математические описания? 7. Каковы структуры и математические описания прямой и канонической форм реализации рекурсивных звеньев второго порядка? 8. Как осуществляется обработка сигнала рекурсивным звеном второго порядка? 9. Какова структура НФ на основе ДВС? 10. Каково условие линейности фазочастотной характеристики НФ? 11. Как аналитически найти отклик РФ на заданное входное воздействие? 12. Как аналитически найти отклик НФ на заданное входное воздействие? 13. Каков требуемый объем вычислений и памяти для РФ и НФ? 14. Каковы сравнительные преимущества РФ и НФ?

Лекция 4.

1. Каковы задачи, методы и цели синтеза ЦФ по заданной частотной характеристике? 2. В чем заключается метод синтеза РФ по аналоговому прототипу? 3. Какова взаимосвязь между частотами аналогового и цифрового фильтров при билинейном преобразовании? 4. В чем преимущества применения обобщенных преобразований при синтезе РФ заданного типа (ФВЧ, ППФ, ПЗФ)? 5. Как определяются требования к аналоговому фильтру-прототипу при синтезе РФ? 6. Из каких условий выбирается вид аппроксимирующей функции? 7. Как находятся нули, полюсы и коэффициенты РФ?

Лекция 5

1. Как находится импульсная характеристика синтезируемого НФ в методе весовых функций? 2. Каковы параметры и типичный вид частотных характеристик весовых функций? 3. Какова связь параметров частотной характеристики НФ и весовой функции? 4. Какие требования предъявляются к весовым функциям при синтезе НФ? 5. Из каких условий выбирается вид весовой функции? 6. Как находится необходимая длина весовой функции? 7. Как в методе весовых функций обеспечивается необходимое затухание АЧХ в полосе задерживания? 8. Как в методе весовых функций достигается соответствие заданных и расчетных граничных частот фильтра? 9. В чем особенность и преимущество использования весовых функций Кайзера для синтеза НФ? 10. Почему метод весовых функций относят к итерационным методам синтеза НФ? 11. Какую ФЧХ имеют НФ, синтезированные методом весовых функций? 12. Как находится импульсная характеристика синтезируемого НФ методом частотной выборки? 13. Из каких условий выбирается шаг дискретизации по частоте в методе частотной выборки? 14. Как достигается требуемое качество аппроксимации в методе частотной выборки? 15. В чем заключается эффективность использования численных методов синтеза ЦФ?

Лекция 6.

1. Каковы источники погрешностей ЦОС, связанные с конечной разрядностью чисел? 2. Чем вызывается необходимость ограничения разрядности чисел в процессе обработки сигнала в РФ? 3. Каковы условия масштабирования сигналов в ЦФ? 4. Как зависит выбор метода расчета ММ от вида сигнала? 5. Как рассчитываются ММ для каскадной формы РФ? 6. Как строятся и используются шумовые эквивалентные схемы ЦФ? 7. В чем различие детерминированной и вероятностной оценок точности ЦФ? 8. Как рассчитываются шумы квантования АЦП на выходе ЦФ? 9. Как рассчитываются собственные шумы ЦФ? 10. Как влияют ММ на отношение сигнала к шуму квантования на выходе ЦФ?

Лекция 7.

1. Что такое ДПФ и по какому числу частотных выборок оно вычисляется?
2. Как проявляется во временной области дискретизация сигнала по частоте?
3. Как определяется ОДПФ и отличается ли оно от исходной последовательности?
4. Как используется ДПФ для вычисления свертки и цифровой фильтрации?
5. Из каких условий выбирается длина секции при фильтрации последовательностей большой длины с помощью ДПФ?
7. Какова вычислительная эффективность фильтрации на основе ДПФ (БПФ)?

Лекция 8.

1. Каковы задачи и применения цифрового спектрально- корреляционного анализа?
3. Каковы параметры и особенности анализаторов спектра на основе ДПФ?
4. Что понимается под разрешающей способностью анализатора спектра и как она обеспечивается?
5. Какова базовая структура анализатора спектра на основе ДПФ и его математическое обеспечение?
7. Что такое частоты анализа или бины ДПФ?
8. Что понимается под частотной характеристикой анализатора спектра?
11. Что понимается под явлением размывания или просачивания спектра?
10. Как откликаются каналы анализатора спектра на комплексный и вещественный гармонические сигналы произвольной частоты?
12. Какова роль весовых функций при анализе спектров периодических сигналов?