МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по УР
_____Сенченко П.В.
«22» _____02_____ 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ

Уровень образования: **высшее образование - специалитет**
Направление подготовки / специальность: **25.05.03 Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования**
Направленность (профиль) / специализация: **Техническая эксплуатация радиоэлектронного оборудования аэропортов и воздушных трасс**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Радиоконструкторский факультет (РКФ)**
Кафедра: **Кафедра конструирования и производства радиоаппаратуры (КИПР)**
Курс: **4**
Семестр: **7**
Учебный план набора 2023 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	7 семестр	Всего	Единицы
Лекционные занятия	36	36	часов
Практические занятия	36	36	часов
Самостоятельная работа	36	36	часов
Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию)	108	108	часов
	3	3	з.е.

Формы промежуточной аттестация	Семестр
Зачет с оценкой	7

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Сенченко П.В.
Должность: Проректор по УР
Дата подписания: 22.02.2023
Уникальный программный ключ:
a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c

Томск

Согласована на портале № 71088

1. Общие положения

1.1. Цели дисциплины

1. Формирование профессиональных компетенций, связанных с цифровой обработкой сигналов в радиоэлектронных системах.

1.2. Задачи дисциплины

1. Изучение математического описания линейных дискретных систем и дискретных сигналов.
2. Изучение методов и алгоритмов цифровой обработки сигналов.
3. Получение навыков расчета и синтеза устройств цифровой обработки сигналов.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).
Часть блока дисциплин: Обязательная часть.
Модуль дисциплин: Модуль специальности (special hard skills – SHS).
Индекс дисциплины: Б1.О.03.16.
Реализуется с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 3.1):

Таблица 3.1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Компетенция	Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
Универсальные компетенции		

Согласована на портале № 71088

УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1. Знает методики сбора и обработки информации, актуальные российские и зарубежные источники информации для решения поставленных задач, а также методы системного анализа	Знает актуальные российские и зарубежные источники информации, имеющие отношение к цифровой обработке сигналов
	УК-1.2. Умеет применять методики поиска, сбора и обработки информации, осуществлять критический анализ и синтез информации, полученной из разных источников	Умеет анализировать информацию о различной продукции в сфере цифровой обработки сигналов
	УК-1.3. Владеет методами поиска, сбора и обработки, критического анализа и синтеза информации, методикой системного подхода для решения поставленных задач; способен генерировать различные варианты решения поставленных задач	Владеет системным подходом в анализе информации для решения задач, связанных с цифровой обработкой сигналов.
Общепрофессиональные компетенции		

Согласована на портале № 71088

ОПК-1. Способен использовать основные законы математики, единицы измерения, фундаментальные принципы и теоретические основы физики, теоретической механики	ОПК-1.1. Знает основы математики, физики, теоретической механики	Знает методы математического описания линейных дискретных систем и дискретных сигналов
	ОПК-1.2. Умеет осуществлять формализованную постановку задач исследования объектов и процессов профессиональной деятельности, решать стандартные профессиональные задачи с применением естественнонаучных и общеинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования	Умеет составлять математическое описание дискретных сигналов и линейных дискретных систем; задавать требования к частотным характеристикам цифровых фильтров; обосновывать выбор типа и структуры цифрового фильтра; синтезировать цифровой фильтр и анализировать его характеристики; выполнять дискретное преобразование Фурье
	ОПК-1.3. Владеет навыками теоретического и экспериментального исследования объектов и процессов профессиональной деятельности, в том числе с применением методов и средств математического моделирования	Владеет навыками составления математических моделей линейных дискретных систем и дискретных сигналов; приемами проектирования цифровых фильтров; навыками вычисления дискретного преобразования Фурье.
Профессиональные компетенции		
-	-	-

4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 академических часов.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной деятельности представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины по видам учебной деятельности

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		7 семестр
Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	72	72
Лекционные занятия	36	36
Практические занятия	36	36
Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	36	36
Подготовка к зачету с оценкой	16	16
Подготовка к контрольной работе	8	8
Подготовка к тестированию	12	12
Общая трудоемкость (в часах)	108	108
Общая трудоемкость (в з.е.)	3	3

Согласована на портале № 71088

5. Структура и содержание дисциплины

5.1. Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Структура дисциплины по разделам (темам) и видам учебной деятельности приведена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Названия разделов (тем) дисциплины	Лек. зан., ч	Прак. зан., ч	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
7 семестр					
1 Математическое описание дискретных сигналов и линейных дискретных систем	8	20	6	34	ОПК-1, УК-1
2 Цифровые фильтры	8	-	8	16	ОПК-1, УК-1
3 Частотное описание линейных дискретных систем	6	-	6	12	ОПК-1, УК-1
4 Цифровой спектральный анализ	6	16	8	30	ОПК-1, УК-1
5 Эффекты квантования в дискретных системах	4	-	4	8	ОПК-1, УК-1
6 Технические средства цифровой обработки сигналов	4	-	4	8	ОПК-1, УК-1
Итого за семестр	36	36	36	108	
Итого	36	36	36	108	

5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)

Названия разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)	Трудоемкость (лекционные занятия), ч	Формируемые компетенции
7 семестр			
1 Математическое описание дискретных сигналов и линейных дискретных систем	Описание дискретных систем разностными уравнениями. Дискретные преобразования Фурье и Лапласа, z-преобразование. Передаточная функция и импульсная характеристика линейных дискретных систем. Структурные схемы линейных систем. Устойчивость линейных дискретных систем. Сравнение математических описаний линейных дискретных и непрерывных систем.	8	ОПК-1, УК-1
	Итого	8	
2 Цифровые фильтры	Структуры цифровых фильтров. Типы фильтров. Методы расчета цифровых фильтров. Этапы проектирования и методы синтеза цифровых фильтров.	8	ОПК-1, УК-1
	Итого	8	

Согласована на портале № 71088

3 Частотное описание линейных дискретных систем	Частотные характеристики дискретных сигналов и линейных дискретных систем. Связь преобразования Фурье с z-преобразованием.	6	ОПК-1, УК-1
	Итого	6	
4 Цифровой спектральный анализ	Особенности цифрового спектрального анализа. Дискретное преобразование Фурье. Быстрое преобразование Фурье.	6	ОПК-1, УК-1
	Итого	6	
5 Эффекты квантования в дискретных системах	Влияние конечной разрядности на характеристики цифровых фильтров. Ошибки квантования коэффициентов. Ошибки округления и переполнения.	4	ОПК-1, УК-1
	Итого	4	
6 Технические средства цифровой обработки сигналов	Особенности архитектур процессоров цифровой обработки сигналов. Обработка сигналов на ПЛИС	4	ОПК-1, УК-1
	Итого	4	
Итого за семестр		36	
Итого		36	

5.3. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 5.3.

Таблица 5.3. – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
7 семестр			
1 Математическое описание дискретных сигналов и линейных дискретных систем	Получение и оцифровка сигнала от аналогового источника	2	ОПК-1, УК-1
	Восстановление сигнала	4	ОПК-1, УК-1
	Подавление шумов. Реализация сглаживающих фильтров	14	ОПК-1, УК-1
	Итого	20	
4 Цифровой спектральный анализ	Реализация алгоритма быстрого преобразования Фурье	16	ОПК-1, УК-1
	Итого	16	
Итого за семестр		36	
Итого		36	

5.4. Лабораторные занятия

Не предусмотрено учебным планом

5.5. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

5.6. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.6. – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Согласована на портале № 71088

Названия разделов (тем) дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
7 семестр				
1 Математическое описание дискретных сигналов и линейных дискретных систем	Подготовка к зачету с оценкой	2	ОПК-1, УК-1	Зачёт с оценкой
	Подготовка к контрольной работе	2	ОПК-1, УК-1	Контрольная работа
	Подготовка к тестированию	2	ОПК-1, УК-1	Тестирование
	Итого	6		
2 Цифровые фильтры	Подготовка к зачету с оценкой	4	ОПК-1, УК-1	Зачёт с оценкой
	Подготовка к контрольной работе	2	ОПК-1, УК-1	Контрольная работа
	Подготовка к тестированию	2	ОПК-1, УК-1	Тестирование
	Итого	8		
3 Частотное описание линейных дискретных систем	Подготовка к зачету с оценкой	2	ОПК-1, УК-1	Зачёт с оценкой
	Подготовка к контрольной работе	2	ОПК-1, УК-1	Контрольная работа
	Подготовка к тестированию	2	ОПК-1, УК-1	Тестирование
	Итого	6		
4 Цифровой спектральный анализ	Подготовка к зачету с оценкой	4	ОПК-1, УК-1	Зачёт с оценкой
	Подготовка к контрольной работе	2	ОПК-1, УК-1	Контрольная работа
	Подготовка к тестированию	2	ОПК-1, УК-1	Тестирование
	Итого	8		
5 Эффекты квантования в дискретных системах	Подготовка к зачету с оценкой	2	ОПК-1, УК-1	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	2	ОПК-1, УК-1	Тестирование
	Итого	4		
6 Технические средства цифровой обработки сигналов	Подготовка к зачету с оценкой	2	ОПК-1, УК-1	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	2	ОПК-1, УК-1	Тестирование
	Итого	4		
Итого за семестр		36		
Итого		36		

5.7. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности представлено в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов

Согласована на портале № 71088

занятий

Формируемые компетенции	Виды учебной деятельности			Формы контроля
	Лек. зан.	Прак. зан.	Сам. раб.	
ОПК-1	+	+	+	Зачёт с оценкой, Контрольная работа, Тестирование
УК-1	+	+	+	Зачёт с оценкой, Контрольная работа, Тестирование

6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

6.1. Балльные оценки для форм контроля

Балльные оценки для форм контроля представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Балльные оценки

Формы контроля	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
7 семестр				
Зачёт с оценкой	10	10	10	30
Контрольная работа	10	15	15	40
Тестирование	10	10	10	30
Итого максимум за период	30	35	35	100
Нарастающим итогом	30	65	100	100

6.2. Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Пересчет баллов в оценки за текущий контроль представлен в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Баллы на дату текущего контроля	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату ТК	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату ТК	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату ТК	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату ТК	2

6.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка	Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен	Оценка (ECTS)
5 (отлично) (зачтено)	90 – 100	A (отлично)
4 (хорошо) (зачтено)	85 – 89	B (очень хорошо)
	75 – 84	C (хорошо)
	70 – 74	D (удовлетворительно)
3 (удовлетворительно) (зачтено)	65 – 69	
	60 – 64	E (посредственно)
2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Согласована на портале № 71088

7.1. Основная литература

1. Курячий, Михаил Иванович. Цифровая обработка сигналов : учебное пособие для вузов / М. И. Курячий ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. - Томск : ТУСУР, 2006. - 175[1] с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 40 экз.).

2. Каратаева, Нина Александровна. Радиотехнические цепи и сигналы. Дискретная обработка сигналов и цифровая фильтрация : учебное пособие / Н. А. Каратаева ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. - Томск : ТУСУР, 2007. - 262 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 189 экз.).

3. Гадзиковский, Викентий Иванович. Теоретические основы цифровой обработки сигналов / В. И. Гадзиковский. - М. : Радио и связь, 2004. - 343[1] с. : ил. - Библиогр.: с. 338-339. (наличие в библиотеке ТУСУР - 50 экз.).

4. Сергиенко, Александр Борисович. Цифровая обработка сигналов : Учебное пособие для вузов / А. Б. Сергиенко. - 2-е изд. - СПб. : Питер, 2007. - 750[2] с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 49 экз.).

5. Нечес, И. О. Цифровая обработка сигналов : учебное пособие / И. О. Нечес. — Ростов-на-Дону : РГУПС, 2019. — 84 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/140606.

7.2. Дополнительная литература

1. Тарасов, Илья Евгеньевич. Разработка цифровых устройств на основе ПЛИС Xilinx® с применением языка VHDL / И. Е. Тарасов. - М. : Горячая линия-Телеком, 2005. - 252 с (наличие в библиотеке ТУСУР - 70 экз.).

2. Оппенгейм, Алан. Цифровая обработка сигналов : Пер. с англ. / А. В. Оппенгейм, Р. В. Шафер ; пер. : С. А. Кулешов ; ред. пер. : А. С. Ненашев. - М. : Техносфера, 2006. - 855[1] с (наличие в библиотеке ТУСУР - 70 экз.).

7.3. Учебно-методические пособия

7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Радиотехнические цепи и сигналы. Часть 2 Дискретная обработка сигналов и цифровая фильтрация: Учебное пособие / Н. А. Каратаева - 2012. 257 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/2799.

7.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

Для лиц с нарушениями зрения:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. При изучении дисциплины рекомендуется обращаться к современным базам данных, информационно-справочным и поисковым системам, к которым у ТУСУРа открыт доступ: https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh.

8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

Согласована на портале № 71088

8.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с достаточным количеством посадочных мест для учебной группы, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются мультимедийное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

8.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий

Лаборатория ГПО / Лаборатория автоматизированного проектирования: учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации; 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 403 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Мультимедийный проектор TOSHIBA;
- Телевизор-монитор SAMSUNG;
- Магнитно-маркерная доска;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- Acrobat Reader;
- Google Chrome;
- MatLab v7.5;
- OpenOffice;
- PTC Mathcad 13, 14;

8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 209 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду ТУСУРа.

Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

8.4. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в

Согласована на портале № 71088

которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями зрения** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

9. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

9.1. Содержание оценочных материалов для текущего контроля и промежуточной аттестации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы, представленные в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

Названия разделов (тем) дисциплины	Формируемые компетенции	Формы контроля	Оценочные материалы (ОМ)
1 Математическое описание дискретных сигналов и линейных дискретных систем	ОПК-1, УК-1	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Контрольная работа	Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
2 Цифровые фильтры	ОПК-1, УК-1	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Контрольная работа	Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
3 Частотное описание линейных дискретных систем	ОПК-1, УК-1	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Контрольная работа	Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
4 Цифровой спектральный анализ	ОПК-1, УК-1	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Контрольная работа	Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий

Согласована на портале № 71088

5 Эффекты квантования в дискретных системах	ОПК-1, УК-1	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
6 Технические средства цифровой обработки сигналов	ОПК-1, УК-1	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий

Шкала оценки сформированности отдельных планируемых результатов обучения по дисциплине приведена в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Шкала оценки сформированности планируемых результатов обучения по дисциплине

Оценка	Баллы за ОМ	Формулировка требований к степени сформированности планируемых результатов обучения		
		знать	уметь	владеть
2 (неудовлетворительно)	< 60% от максимальной суммы баллов	отсутствие знаний или фрагментарные знания	отсутствие умений или частично освоенное умение	отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков
3 (удовлетворительно)	от 60% до 69% от максимальной суммы баллов	общие, но не структурированные знания	в целом успешно, но не систематически осуществляемое умение	в целом успешное, но не систематическое применение навыков
4 (хорошо)	от 70% до 89% от максимальной суммы баллов	сформированные, но содержащие отдельные проблемы знания	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы применение навыков
5 (отлично)	≥ 90% от максимальной суммы баллов	сформированные систематические знания	сформированное умение	успешное и систематическое применение навыков

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

Оценка	Формулировка требований к степени компетенции
2 (неудовлетворительно)	Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или Знать на уровне **ориентирования**, представлений. Обучающийся знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения.

Согласована на портале № 71088

3 (удовлетворительно)	Знать и уметь на **репродуктивном** уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях.
4 (хорошо)	Знать, уметь, владеть на **аналитическом** уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения.
5 (отлично)	Знать, уметь, владеть на **системном** уровне. Обучающийся знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания дисциплины, его значимость в содержании дисциплины.

9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

1. Какое устройство является интерфейсом между непрерывным сигналом и цифровым процессором?:
   1. цифро-аналоговый преобразователь;
   2. аналогово-цифровой преобразователь;
   3. модулятор;
   4. демодулятор
2. Дискретное преобразование Фурье позволяет:
   1. избавиться от искажения спектра;
   2. понизить шум квантования;
   3. повысить отношение сигнал/шум;
   4. оценить форму спектра сигнала
3. Оператор Лапласа p и оператор z связаны как:
   1. $z = \exp(pT)$;
   2. $z = \exp(2pT)$;
   3. $z = 2\exp(pT)$;
   4. $z = \exp(pT/2)$
4. Сходство между преобразованием Фурье и z-преобразованием состоит в том, что:
   1. оба преобразуют область спектра частот в дискретную временную область;
   2. оба конвертируют дискретную временную область в область частотного спектра;
   3. оба преобразуют аналоговый сигнал в цифровой сигнал;
   4. оба преобразуют цифровой сигнал в аналоговый сигнал
5. Системная функция H(p) непрерывной устойчивой системы обладает следующим свойством:
   1. нули лежат в левой половине плоскости p;
   2. модуль каждого нуля не превышает единицы;
   3. полюсы лежат в левой половине плоскости p;
   4. модуль каждого полюса превышает единицу;
6. Системная функция H(z) дискретной устойчивой системы обладает следующим свойством:
   1. нули лежат в левой половине плоскости z;
   2. нули лежат в правой половине плоскости z;
   3. модуль каждого полюса превышает единицу;
   4. модуль каждого полюса не превышает единицу;
7. Результат ДПФ апериодического сигнала?:
   1. непрерывный и периодический;
   2. дискретный и апериодический;
   3. непрерывный и апериодический;
   4. дискретный и периодический
8. Чему равно максимальное количество гармоник периодического сигнала, которое можно

Согласована на портале № 71088

получить при цифровом анализе спектра:
1. отношению частоты дискретизации к частоте сигнала;
2. отношению частоты сигнала к частоте дискретизации;
3. половине отношения частоты дискретизации к частоте сигнала;
4. удвоенному отношению частоты дискретизации к частоте сигнала;

9. Частота дискретизации по теореме Котельникова должна быть:
   1. больше чем максимальная частота сигнала;
   2. более чем в 10 раз больше максимальной частоты сигнала;
   3. равна максимальной частоте сигнала;
   4. не менее чем удвоенная максимальная частоты сигнала.
10. Оконные функции используются для:
   1. сглаживания резких скачков в сигнале;
   2. снижения требований к фильтру нижних частот при децимации;
   3. повышения разрешающей способности АЦП;
   4. подавления боковых лепестков в спектре ограниченного во времени сигнала
11. Цифровая фильтрация – это:
   1. разложение сигнала на гармонические составляющие;
   2. защита от наложения спектра;
   3. подавление помех после дискретного преобразования Фурье;
   4. свертка сигнала с импульсной характеристикой фильтра.
12. В АЦП происходит:
   1. квантование по уровню, дискретизация по времени, кодирование двоичным кодом;
   2. только квантование по уровню;
   3. только дискретизация по времени;
   4. только дискретизация по времени и кодирование двоичным кодом.
13. Рекурсивный фильтр:
   1. всегда устойчив;
   2. не имеет полюсов;
   3. использует в алгоритме фильтрации предыдущие значения сигнала на выходе;
   4. имеет порядок не больше двух.
14. Порядком цифрового фильтра называется:
   1. максимальный показатель степени при z в знаменателе передаточной функции;
   2. максимальный показатель степени при z в числителе передаточной функции;
   3. максимальный показатель степени при z в передаточной функции;
   4. сумма максимальных показателей степени при z в знаменателе и числителе передаточной функции;
15. Представление передаточной функции цифрового фильтра в виде суммы элементарных дробей соответствует следующей структуре:
   1. последовательной;
   2. канонической;
   3. параллельной;
   4. транспонированной.
16. Транспонированная структура цифрового фильтра позволяет:
   1. уменьшить число элементов памяти;
   2. увеличить скорость вычислений;
   3. снизить разрядность элементов памяти;
   4. уменьшить эффект квантования.
17. Быстрое преобразование Фурье увеличивает скорость спектрального анализа за счет:
   1. снижения частоты дискретизации;
   2. уменьшения числа уровней квантования;
   3. увеличения разрядности операндов, участвующих в вычислениях;
   4. разбиения дискретного сигнала на части последующими параллельными вычислениями гармоник каждой части.
18. Последовательная структура цифрового фильтра позволяет:
   1. уменьшить число элементов памяти;
   2. увеличить скорость вычислений;
   3. снизить разрядность элементов памяти;

Согласована на портале № 71088

4. уменьшить эффект округления промежуточных результатов вычислений.

19. Метод инвариантной импульсной характеристики для синтеза цифровых фильтров заключается в:
    1. замене оператора p на оператор z через приближенное дробно-рациональное выражение;
    2. применении оконных функций;
    3. дискретизации импульсной характеристики непрерывного прототипа;
    4. копировании АЧХ непрерывного прототипа.
20. Алгоритм Герцеля позволяет:
    1. ускорить вычисления всех спектральных составляющих сигнала;
    2. уменьшить частоту дискретизации для спектрального анализа;
    3. уменьшить разрядность ячеек памяти для вычислений при спектральной анализе;
    4. вычислить отдельную спектральную составляющую сигнала.

9.1.2. Перечень вопросов для зачета с оценкой

1. Математическая модель дискретного сигнала. Теорема Котельникова. Связь дискретного и непрерывного сигналов во временной и частотной областях.
2. Преобразования Фурье и Лапласа в дискретной форме. z-преобразование, его свойства и связь с преобразованиями Лапласа и Фурье.
3. Математическая модель линейной дискретной системы в виде разностных уравнений и передаточной функции. Взаимосвязь между разностным уравнениям и передаточной функцией. Структурная схема дискретной линейной системы.
4. Представление передаточной функции линейной дискретной системы через нули и полюсы. Устойчивость линейных дискретных систем. Сравнение математических описаний линейных дискретных и непрерывных систем.
5. Фильтры с конечной импульсной характеристикой (КИХ-фильтры, нерекурсивные фильтры) и с бесконечной импульсной характеристикой (БИХ-фильтры, рекурсивные фильтры). Их сравнительный анализ, достоинства и недостатки.
6. Прямая и каноническая структуры фильтров. Их синтез, достоинства и недостатки.
7. Транспонированные структуры цифровых фильтров.
8. Представление передаточной функции линейной системы в виде сумм и произведений элементарных дробей. Параллельная и последовательная структуры фильтров
9. Синтез цифрового фильтра с заданными характеристиками по непрерывному прототипу при помощи билинейного преобразования
10. Синтез цифрового фильтра с заданными характеристиками по непрерывному прототипу методом инвариантной импульсной характеристики
11. Прямые методы синтеза цифровых фильтров
12. Проектирование КИХ-фильтров с различной частотной селекцией.
13. Проектирование БИХ-фильтров с различной частотной селекцией.
14. Частотные характеристики цифровых фильтров. Получение частотных характеристик из передаточной функции линейной дискретной системы.
15. Особенности спектрального анализа цифровыми методами. Дискретное преобразование Фурье (ДПФ) и его свойства. Восстановление сигнала при помощи ДПФ.
16. Алгоритм быстрого преобразования Фурье (БПФ) с прореживанием по времени.
17. Алгоритм быстрого преобразования Фурье (БПФ) с прореживанием по частоте.
18. ДПФ как разновидность цифровой фильтрации.
19. Алгоритм Герцеля.
20. Цифровая фильтрация при помощи ДПФ
21. Влияние конечной разрядности на характеристики цифровых фильтров. Шум квантования. Неравномерное квантование.
22. Квантование коэффициентов цифрового фильтра. Масштабирование коэффициентов.
23. Эффект от переполнения разрядной сетки и округления промежуточных результатов.
24. Аппаратные средства цифровой обработки сигналов.
25. Особенности процессоров для цифровой обработки сигналов

9.1.3. Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ

1. Дан сигнал вида s(k)=sin(k*Тд), определенный на интервале 0<t<T. Восстановить

Согласована на портале № 71088

непрерывный сигнал, приняв значение квадрата нормы ошибки 1%.
2. Дан сигнал вида s(t)=k*t, определенный на интервале 0<t<T. Найти его z-преобразование.
3. Дано операторное изображение вида S(z)=(1-z)/(1+z). Найти оригинал.
4. Будет ли устойчива система, описываемая передаточной функцией вида K(z)=(1-z)/(1+2*z)?
5. Синтезировать цифровой эквивалент фильтра Баттерворта первого порядка, приняв частоту дискретизации равной 1Мгц, а частоту среза 1кГц.
6. Дан периодический сигнал вида s(k)=k*Тд, 0<t<T. Выполнить дискретное преобразование Фурье, приняв Тд=T/100.
7. Дан периодический сигнал вида s(k)=k*Тд, 0<t<T. Найти 3-ю гармонику спектра сигнала при помощи алгоритма Герцеля, приняв Тд=T/100.

9.2. Методические рекомендации

Учебный материал излагается в форме, предполагающей самостоятельное мышление студентов, самообразование. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом.

В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах; пользоваться через кабинет студента на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

– чтение или просмотр материала осуществляйте со скоростью, достаточной для индивидуального понимания и освоения материала, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;

– если в тексте встречаются незнакомые или малознакомые термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;

– осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации, в т.ч. с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия, в т.ч. в форме вебинаров. Расписание вебинаров и записи вебинаров публикуются в электронном курсе / электронном журнале по дисциплине.

9.3. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 9.4.

Таблица 9.4 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Категории обучающихся	Виды дополнительных оценочных материалов	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)

Согласована на портале № 71088

С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами
С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами, определяющимися исходя из состояния обучающегося на момент проверки

9.4. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

– в печатной форме;
– в печатной форме с увеличенным шрифтом;
– в форме электронного документа;
– методом чтения ассистентом задания вслух;
– предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

– письменно на бумаге;
– набор ответов на компьютере;
– набор ответов с использованием услуг ассистента;
– представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:
– в форме электронного документа;
– в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:
– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 71088

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры КИПР
протокол № 24 от «20» 1 2023 г.

СОГЛАСОВАНО:

Должность	Инициалы, фамилия	Подпись
Заведующий выпускающей каф. КИПР	Н.Н. Кривин	Согласовано, 61bb81d6-898a-4d50-b92b-bf79399fcfac
Заведующий обеспечивающей каф. КИПР	Н.Н. Кривин	Согласовано, 61bb81d6-898a-4d50-b92b-bf79399fcfac
И.О. начальника учебного управления	И.А. Лариошина	Согласовано, c3195437-a02f-4972-a7c6-ab6ee1f21e73

ЭКСПЕРТЫ:

Доцент, каф. КИПР	Н.Н. Кривин	Согласовано, 61bb81d6-898a-4d50-b92b-bf79399fcfac
Доцент, каф. КИПР	А.А. Чернышев	Согласовано, 72a81577-12a0-4023-8fe9-e3b84d6716fc

РАЗРАБОТАНО:

Старший преподаватель, каф. КИПР	М.С. Сахаров	Разработано, 4398b10b-3ad1-48dd-b2de-35af25b151a8

Согласована на портале № 71088