

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПОВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



УТВЕРЖДАЮ
Декан ФИиВТ

УТВЕРЖДАЮ /А.А. Кречетов/
(Ф.И.О. декана (директора института))

10.01.2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б.1.2.9 Цифровая обработка сигналов

(код и наименование дисциплины по учебному плану)

Направление подготовки
(специальность)

09.03.01 Информатика и вычислительная техника

Квалификация выпускника

Бакалавр

(бакалавр/магистр/специалист)

Направленность

Вычислительные машины, комплексы, системы и сети

Курс 3, 4

Семестр 6, 7

Распределение учебного времени

Трудоемкость по учебному плану	216 / 6	часов/зачетных единиц
Лекции	34	часов
Лабораторные работы	66	часов
Практические занятия	-	часов
Иная контактная работа	-	часов
Всего контактной работы (без учета экз.)	100	часов
Контактная работа по экзамену	6	часов
Курсовой проект (работа)	-	семестр
Самостоятельная работа обучающихся (без учета экз.)	80	часов
Самостоятельная работа по подготовке к экзамену	30	часов
Экзамен	7	семестр
Зачет	6	семестр
БРК, ДЗ	-	семестр

(год)

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО направления подготовки (специальности) 09.03.01 Информатика и вычислительная техника

Программу составили:

старший преподаватель	ИВС	СОГЛАСОВАНО	И.А. Малашкевич
(должность)	(кафедра)		(И.О. Фамилия)

РАССМОТРЕНА и ОДОБРЕНА на заседании кафедры, за которой закреплена дисциплина
Кафедра информационно-вычислительных систем

(наименование кафедры)		
14.01.2025	протокол №	19
(дата)		

Заведующий кафедрой	СОГЛАСОВАНО	Д.В. Морохин
		(И.О. Фамилия)

Рабочая программа СОГЛАСОВАНА с факультетом (институтом), выпускающей(ими) кафедрой(ами).

СООТВЕТСТВУЕТ действующей ОП.

Заведующий кафедрой	СОГЛАСОВАНО	Д.В. Морохин
		(И.О. Фамилия)

Председатель методической комиссии факультета (института), в который входит выпускающая кафедра

СОГЛАСОВАНО	А.А. Кречетов
	(И.О. Фамилия)

Эксперт(ы): Чернов Михаил Павлович, Заместитель генерального директора по производству ЗАО СКБ "Хроматэк"

Рабочая программа проверена и зарегистрирована в УМЦ 17.02.2025 г.

Специалист учебно-методического центра СОГЛАСОВАНО /Т.А. Смирнова/

Раздел 1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является достижение планируемых результатов обучения, соответствующих установленным в ОПОП индикаторам достижения компетенций:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения
1. ПК-1 Способен выполнять работы и управлять работами по проектированию, созданию, модификации и сопровождению ИС	ПК-1.1. Знать: принципы функционирования информационно-коммуникационных систем, методы рас-чета количественных оценок информации для информационной системы	знания: Знать: принципы функционирования информационно-коммуникационных систем, методы рас-чета количественных оценок информации для информационной системы умения: навыки:
	ПК-1.2. Уметь: осуществлять поиск информации об условиях использования и возможностях предлагаемых информационно-коммуникационных систем, их составляющих и комплектующих	знания: умения: Уметь: осуществлять поиск информации об условиях использования и возможностях предлагаемых информационно-коммуникационных систем, их составляющих и комплектующих навыки:
	ПК-1.3. Владеть: навыками определения количества информации в информационной системе, полосы пропускания для передачи сигналов с заданной погрешностью	знания: умения: навыки: Владеть: навыками определения количества информации в информационной системе, полосы пропускания для передачи сигналов с заданной погрешностью
2. ПК-3 Способен разрабатывать компоненты системных программных продуктов	ПК-3.1. Знать: основы архитектуры, устройства и функционирования вычислительных систем	знания: Знать: основы архитектуры, устройства и функционирования вычислительных систем умения: навыки:
	ПК-3.2. Уметь: применять языки программирования, определенные в техническом задании для написания программного кода	знания: умения: Уметь: применять языки программирования, определенные в техническом задании для написания программного кода навыки:

ПК-3.3. Владеть навыками: разработки исходного кода и создания бинарных файлов программного обеспечения создаваемых программных средств	знания: умения: навыки: Владеть навыками: разработки исходного кода и создания бинарных файлов программного обеспечения создаваемых программных средств
---	--

Раздел 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений ОПОП.

Дисциплина является обязательной

Для продолжения формирования заявленных компетенций необходимы знания предшествующих дисциплин: Теория передачи информации (ПК-1), Системное программное обеспечение (ПК-3)

Изучаемая дисциплина является основой для продолжения формирования указанных компетенций в следующих практиках: Производственная практика. Технологическая (производственно-технологическая) практика (рассредоточенная) (ПК-1); государственной итоговой аттестации в форме: Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы (ПК-1), Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы (ПК-3)

Раздел 3. ОПИСАНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Для формирования заявленных компетенций используются методологические технологии, реализующие деятельностный, личностно-ориентированный, практико-ориентированный подходы.

Основными стратегическими технологиями являются: лекционные занятия, практические и лабораторные занятия

На достижение конкретных целей обучения направлены применяемые тактические технологии: классическая лекция

Раздел 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6 семестр

Виды и темы занятий	Количество часов	Формируемые компетенции
Основы теории сигналов и систем	26	ПК-1, ПК-3
Лекция. Классификация сигналов. Аналого-цифровое преобразование.	3	
Лекция. Спектральное представление сигналов. Дискретное преобразование Фурье. Время частотное преобразование сигналов Вейвлет –анализ.	3	
Лабораторная работа. Генерация и исследование сигналов в среде MATLAB	2	
Лабораторная работа. Исследование звуковых файлов спектров в среде SPECTRLab	2	
Лабораторная работа. Исследование алгоритмов вычисления	2	

свертки		
Лабораторная работа. Аналого-цифровое преобразование	2	
Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение		
Проработка лекций		
Подготовка к лабораторным работам	12	
Анализ цифровых фильтров	22	ПК-1
Лекция. Задачи ЦОС. Типовая структура системы ЦОС. Математический аппарат, используемый для описания систем ЦОС.	2	
Лекция. Частотные характеристики цифровых фильтров	2	
Лекция. Временные характеристики ЦФ. z-преобразование	2	
Лабораторная работа. Исследование восходящих и нисходящих систем среде MATLAB	2	
Лабораторная работа. Анализ линейных дискретных фильтров	2	
Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение		
Проработка лекций		
Подготовка к лабораторным работам	12	
Синтез Цифровых фильтров	24	ПК-1
Лекция. Методы синтеза цифровых фильтров. Идеальные амплитудно-частотные характеристики типовых фильтров. Формы аппроксимации идеальной амплитудно-частотной характеристики: фильтры Баттерворта, Чебышева 1-го, 2-го типов, эллиптические фильтры. Выбор формы реализации цифрового фильтра.	3	
Лекция. Синтез линейно-фазовых цифровых фильтров.	3	
Лабораторная работа. Синтез линейных дискретных фильтров	3	
Лабораторная работа. Частотные преобразования	3	
Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение		
Проработка лекций		
Подготовка к лабораторным работам	12	
Иная контактная работа: зачет	0	

7 семестр

Виды и темы занятий	Количество часов	Формируемые компетенции
Прикладные задачи цифровой обработки сигналов	48	ПК-1
Лекция. Синтез фильтров заданного типа.	3	
Лабораторная работа. Синтез ЦФ заданного типа в среде MATLAB	6	
Лабораторная работа. Фильтрация звуковых сигналов в среде SpectrLab	5	
Лабораторная работа. обработка изображений в среде	6	
Лабораторная работа. Применение вейвлет-преобразования в задачах обработки звуковой и визуальной информации	5	
Лекция. Реализация двумерных цифровых фильтров. Применение их для обработки изображений	2	
Лекция. Построение алгоритмов вейвлет преобразований	2	

Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение		
Проработка лекций		
Подготовка к лабораторным работам	19	
практическая реализация цифровых фильтров	60	ПК-1
Лекция. Эффекты квантования и округления. Квантование коэффициентов и округление результатов в цифровом фильтре.	2	
Лекция. Влияние ошибок квантования и конечного размера выборки на амплитудно-частотную характеристику цифрового фильтра. Предельные циклы	2	
Лекция. Цифровые процессоры . Гарвардская архитектура	5	
Лабораторная работа. Аппаратная реализация ЦФ	6	
Лабораторная работа. Эффекты квантования в цифровых фильтрах	6	
Лабораторная работа. Программная реализация ЦФ	8	
Лабораторная работа. Интегрированные пакеты программ для ПЭВМ: PC-MatLAB и MathCAD и их использование для решения прикладных программ	6	
Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение		
Проработка лекций		
Подготовка к лабораторным работам	25	
Иная контактная работа:	0	
Подготовка к экзамену	30	
Проведение экзамена	6	

Раздел 5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины "Цифровая обработка сигналов" рекомендуется начать с ознакомления с рабочей программой, ее структурой и содержанием разделов. Учебный материал структурирован, изучение дисциплины осуществляется в тематической последовательности.

Занятия лекционного типа дают систематизированные знания по дисциплине "Цифровая обработка сигналов", концентрируют внимание на наиболее сложных и важных вопросах. Во время лекционных занятий рекомендуется вести конспектирование учебного материала; обращать внимание на формулировки и категории, раскрывающие суть проблемы, явления или процесса; зафиксировать выводы и практические рекомендации. Подготовка к занятиям **семинарского типа** включает ознакомление с планом лабораторного занятия; работу с конспектом лекций, выполнение домашнего задания, работу с учебной и учебно-методической литературой, научными изданиями и электронными образовательными ресурсами, рекомендованными рабочей программой дисциплины "Цифровая обработка сигналов".

Содержание **самостоятельной работы** определяется рабочей программой дисциплины "Цифровая обработка сигналов", оценочными и методическими материалами, заданиями и указаниями преподавателя. Самостоятельная работа может осуществляться в аудиторной и внеаудиторной формах. Эффективным средством осуществления самостоятельной работы является электронная информационно-образовательная среда университета, которая обеспечивает доступ к образовательной программе, рабочей программе дисциплины "Цифровая обработка сигналов", к электронным библиотечным системам, профессиональным базам данных и информационным справочным системам. Периодичность проведения, формы текущего контроля успеваемости, система оценивания хода освоения дисциплин представлены в рабочей программе.

Формой промежуточной аттестации по дисциплине "Цифровая обработка сигналов" является зачёт, экзамен

Раздел 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Учебно-методическое обеспечение

№№ п/п	Список используемой литературы	Количество экземпляров печатных изданий, имеющих в библиотеке, или электронный адрес издания (ресурса) в сети Интернет
УЧЕБНЫЕ, УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ И НАУЧНЫЕ ИЗДАНИЯ		
1.	Сергиенко, Александр Борисович. Цифровая обработка сигналов [Текст] : [учеб. пособие для студентов вузов по направлению подгот. дипломир. специалистов "Информатика и вычисл. техника"] / А. Б. Сергиенко. 2-е изд. Санкт-Петербург [и др.]: Питер, 2006. - 750 с. ISBN 5-469-00816-9. Экземпляры: всего 15.	15
2.	Оппенгейм, А. Цифровая обработка сигналов [Текст] : [учебник] / А. Оппенгейм, Р. Шафер ; пер. с англ. под ред. С. Ф. Боева. Изд. 3-е, испр. Москва: Техносфера, 2012. - 1046 с. ISBN 978-5-94836-329-5. Экземпляры: всего 5.	5
3.	Оппенгейм, А. Цифровая обработка сигналов [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. Оппенгейм, Р. Шафер. 3-е изд., испр. Москва: Техносфера, 2012. - 1048 с. ISBN 978-5-94836-329-5.	http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=73524
4.	Солов, Е. Л. Цифровая обработка сигналов. Водяные знаки в аудиофайлах [Электронный ресурс] / Солов Е. Л. Санкт-Петербург: Лань, 2022. - 176 с. ISBN 978-5-8114-3014-7.	https://e.lanbook.com/book/212891
5.	Дедов, Андрей Николаевич. Цифровая обработка сигналов в системах передачи информации [Текст] : учебное пособие по курсовому проектированию : [по направлению 11.03.02 "Инфокоммуникационные технологии и системы связи"] / А. Н. Дедов, Э. Ш. Аюпова; М-во образования и науки Рос. Федерации, ФГБОУ ВО "Поволж. гос. технол. ун-т". Йошкар-Ола: ПГТУ, 2016. - 79 с. ISBN 978-5-8158-1758-6. Экземпляры: всего 26.	26
6.	Хафизов, Д. Г. Цифровая обработка сигналов [Текст] : лабораторный практикум : [по направлениям подготовки "Биотехнические системы и технологии", "Радиотехника" и специальности "Радиоэлектронные системы и комплексы"]. Ч. 1, 2018. - 70 с. ISBN 978-5-8158-2003-6. Экземпляры: всего 20.	20 / https://portal.volgatech.net/books/Hafizov_zifrovai_obrabotka_signalov_2018.pdf
7.	Солов, Е. Л. Цифровая обработка сигналов. Водяные знаки в аудиофайлах [Электронный ресурс] / Солов Е. Л. Санкт-Петербург: Лань, 2022. - 176 с. ISBN 978-5-8114-3014-7.	https://e.lanbook.com/book/212891

6.2. Материально-техническая база и программное обеспечение

№№ п/п	Аудитории для проведения учебных занятий, самостоятельной работы и проведения государственной итоговой аттестации	Перечень основного оборудования	Программное обеспечение
1.	518 (III)	Системный блок CEL D-341 FAN/ASUS S-775/512 M/160.0G/DVD+-RW (1), ПК 5 - ICL RAY P222.3 ,клавиат.,мышь.,монитор LG E2251T-BN (14), Сист. блок CE 331/256*2/PC 3200/80 Gb/FDD/DVD-ROM/КЛАВ+МЫШЬ+коврик (1).	Microsoft Office Standard, Агент Dr.Web, Комплект ПО для решения основных пользовательских задач, Microsoft Visio Professional

Раздел 7. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ/ ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Критерии оценивания индикаторов достижения компетенций направлены на:

- усвоение теоретического материала (объем знаний, глубина усвоения), предусмотренного рабочей программой;
- умение излагать материал (четкость, грамотность изложения материала, точность и полнота воспроизведения учебного материала);
- умение применять теоретические знания при решении практических заданий.

Шкала оценивания представлена ниже.

Уровень сформированности элементов компетенции	Критерии оценивания	Шкала оценивания
Пороговый уровень	Обучающийся имеет знания основного материала, проявляет умение логично его излагать, но может допускать неточности в изложении материала, недостаточно правильные формулировки, испытывает затруднения в выполнении практических заданий.	удовлетворительно
Продвинутый уровень	Обучающийся твердо знает программный материал, излагает его грамотно и по существу, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения	хорошо
Высокий уровень	Обучающийся глубоко и прочно усвоил программный материал, грамотно и логически стройно его излагает, дает исчерпывающие ответы на поставленные вопросы. В ответе тесно увязывается теория с практикой, при этом обучающийся не затрудняется с ответом при видоизменении задания, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, показывает знакомство с монографической литературой, периодическими изданиями, правильно обосновывает принятые решения, свободно владеет разносторонними	отлично

7.1. Текущий контроль успеваемости

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценивание хода освоения дисциплины (модуля) и производится с применением технологии рейтингового контроля в соответствии с технологической картой дисциплины. Порядок составления технологической карты и алгоритм проведения процедуры оценивания видов деятельности обучающихся, направленных на освоение знаний, умений, навыков и/или опыта деятельности, по накопительной системе в баллах устанавливается положением о системе РИТМ в ФГБОУ ВО «ПГТУ»

7.2. Промежуточная аттестация обучающихся

Промежуточная аттестация обучающихся направлена на оценивание результатов обучения по дисциплине (модулю) и проводится с использованием фондов оценочных средств.

Примеры типовых контрольных заданий из базы фонда оценочных средств по образовательной программе.

Билет № 0

1. Характеристика этапов АЦП

2. Теорема Котельникова

Примеры типовых контрольных заданий

1. Какие преобразования имеют место при цифровой обработке сигналов?
2. Определить условия, при которых выбирается частота дискретизации аналоговых сигналов
3. Определить математическую модель квантования сигнала по уровню
4. Как осуществляется цифровое кодирование сигнала?
5. Сформулируйте теорему Котельникова.
6. При каких условиях возможно точное восстановление аналогового сигнала по его дискретным выборкам?
7. Как по известному спектру аналогового сигнала определить спектр соответствующего ему дискретного сигнала?
8. Каковы искажения, вносимые дискретизацией, и шум квантования
9. В чем заключается взаимосвязь и отличие спектров дискретного и аналогового сигналов?
10. Как по известному спектру аналогового сигнала определить спектр соответствующего ему дискретного сигнала?
11. В чем заключается явление наложения спектров при дискретизации сигналов?
12. В чем заключается алгоритм БПФ с прореживанием по времени?
13. Что такое модуляция и разновидности модулированных сигналов?

Перечень вопросов для проведения промежуточной аттестации

6 семестр

1. Восходящие дискретные системы.
2. Нисходящие дискретные системы
3. Аналого-цифровое преобразование
4. Цифро-аналоговое преобразование
5. Медианные фильтры
6. Спектр дискретного сигнала
7. Эффект наложения спектра
8. Эффект растекания спектра
9. Алгоритмы БПФ. Децимация по времени. Децимация по частоте.
10. Дискретное преобразование Фурье. Свойства ДПФ.
11. Децимация цифровых сигналов.
12. Аналоговые и дискретные фильтры.
13. Цифровая обработка сигналов. Принцип построения.
14. Математическое описание аналоговых, дискретных и цифровых сигналов..
15. Обобщенный спектральный анализ.
16. Системы дискретных ортогональных функций.
17. Дискретное преобразование Уолша-Фурье.
18. Фильтры функций Уолша.
19. Связь передаточной характеристики и структуры дискретного фильтра.
20. Синтез дискретных фильтров. Типовые формы АЧХ и способы их аппроксимации.
21. Синтез дискретных фильтров методом частотных преобразований.
22. Синтез дискретных фильтров с линейной фазочастотной характеристикой.
23. Аналого-цифровое преобразование. Теорема отсчетов.
24. Аналого-цифровое преобразование. Дискретизация сигналов с бесконечным и полосовым спектром. Явление наложения спектров.
25. Аналого-цифровое преобразование. Принципы квантования и кодирования.
26. Разностное уравнение дискретного фильтра. Связь с передаточной характеристикой.
27. Критерии устойчивости ЦФ
28. Какие фильтры всегда имеют конечную импульсную характеристику?
29. Постановка и решение задач синтеза ЦФ с помощью аппроксимации по данным аналоговых фильтров.
30. Алгоритм вычисления энергетического спектра методом ДПФ.
31. Передаточная характеристика дискретного фильтра. Частотная и фазовая характеристика.

- 32. Функции окна в задачах оценки спектра.
- 33. Энергетический спектр сигнала. Оценка методом ДПФ. Явление "утечки".
- 34. Щелевая ошибка и ошибка дрожания при дискретизации.
- 35. Критерий устойчивости и реализуемости дискретного фильтра.
- 36. Импульсная характеристика дискретного фильтра. Способы определения и вычисления.

7 семестр

- 37. Этапы технического проектирования ЦФ
- 38. Чем отличается каноническая форма реализации ЦФ от прямой
- 39. В каких структурах применяются биквадратные звенья?
- 40. Квантование результатов арифметических операций в ЦФ. Прямая и каноническая формы реализации.
- 41. Прямые методы синтеза дискретных фильтров.
- 42. Эффекты квантования входного сигнала в ЦФ.
- 43. Эффекты квантования в ЦФ.
- 44. Масштабирование сигналов в ЦФ..
- 45. Эффекты квантования коэффициентов в ЦФ
- 46. Дискретное преобразование Фурье. Свойства ДПФ.
- 47. Передаточная характеристика дискретного фильтра. Частотная и фазовая характеристика.
- 48. Быстрое преобразование Фурье.
- 49. Фильтры с конечной импульсной характеристикой.
- 50. Формы реализации дискретных фильтров. Их передаточные характеристики.
- 51. Вейвлет-преобразование.
- 52. Аппаратная реализация ЦФ
- 53. Как выглядит АЧХ фильтра нижних частот?
- 54. Как выглядит АЧХ режекторного фильтра?
- 55. Как выглядит АЧХ полосового фильтра?
- 56. Какие свойства имеет фильтр Баттерворта?
- 57. Какие свойства имеет эллиптический фильтр?
- 58. Какие свойства имеет фильтр Чебышева 1 рода?
- 59. Что следует потребовать при синтезе чтобы обеспечить минимум фазовых искажений сигналов, пропускаемых фильтром,?
- 60. Что такое предельные циклы ЦФ?
- 61. Что такое мертвая зона ЦФ?
- 62. Какие ограничения при синтезе ЦФ есть в MATLAB

63. Методы уменьшения фазовых искажений в ЦФ

64. Основные характеристики двумерных фильтров