

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Структурное подразделение «Радиоэлектроники и телекоммуникационных систем»

УТВЕРЖДЕНА:
на заседании кафедры
Протокол №13 от 02 июня 2025 г.

Рабочая программа дисциплины
«ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ»

Направление: 11.03.01 Радиотехника

Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов

Квалификация: Бакалавр

Форма обучения: очная

Документ подписан простой электронной
подписью
Составитель программы: Ишин Артем
Борисович
Дата подписания: 27.06.2025

Документ подписан простой электронной
подписью
Утвердил и согласовал: Ченский Александр
Геннадьевич
Дата подписания: 27.06.2025

Год набора – 2025

Иркутск, 2025 г.

1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

1.1 Дисциплина «Цифровая обработка сигналов» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ОПК ОС-4 Способность понимать принципы работы современных информационных технологий, применять их при решении задач профессиональной деятельности, разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения	ОПК ОС-4.3

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ОПК ОС-4.3	Использует средства библиотеки STL для различных задач обработки информации, способен выбирать тот или иной тип контейнера в зависимости от поставленной задачи, методы обработки цифровой информации	Знать средства и библиотеки для различных задач обработки информации Уметь выбирать тот или иной тип процедуры обработки сигнала в зависимости от поставленной задачи Владеть навыками применения различных методов цифровой обработки информации и анализа полученных результатов

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Цифровая обработка сигналов» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Физика», «Математика», «Информационные технологии», «Электроника», «Основы теории колебаний и волн»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Сети связи и системы коммутации», «Образовательный форсайт»

3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 3 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)	
	Всего	Семестр № 5
Общая трудоемкость дисциплины	108	108
Аудиторные занятия, в том числе:	64	64
лекции	16	16
лабораторные работы	16	16
практические/семинарские занятия	32	32
Самостоятельная работа (в т.ч.	44	44

курсовое проектирование)		
Трудоемкость промежуточной аттестации	0	0
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	Зачет	Зачет

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Семестр № 5

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)				
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Сигналы и их типы. Ряд Фурье.	1	4	1, 2	5	1, 2, 3	10	1, 2, 3	16	Устный опрос
2	Корреляционная и автокорреляцион ная функция	2	4	3	3	4, 5	6	2, 3	6	Устный опрос
3	Цифровые фильтры	3	4	4	3	6, 7, 8, 9, 10, 11, 12	16	2, 3, 4	16	Устный опрос
4	ЦАП и АЦП. Их использование при передаче информации.	4	4	5	5			2, 3	6	Устный опрос
	Промежуточная аттестация									Зачет
	Всего		16		16		32		44	

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 5

№	Тема	Краткое содержание
1	Сигналы и их типы. Ряд Фурье.	Цифровые и аналоговые сигналы. Их различие, особенности, преимущества. Ряд Фурье, его применение, свойства, условия возможности разложения. Дискретное преобразование Фурье. Быстрое преобразование Фурье. Алгоритмы быстрого преобразования Фурье с прореживанием по времени и по частоте.
2	Корреляционная и автокорреляционная функция	Корреляционная функция и её физический смысл. Автокорреляционная и взаимокорреляционная функция, способы их вычисления и физический смысл. Связь взаимокорреляционной функции и преобразования Фурье. Теорема Рэлея. Равенство Парсеваля. Использование корреляционных

		функций в передаче информации.
3	Цифровые фильтры	Классификация цифровых фильтров, импульсная и передаточная характеристика. Операция усреднения, как фильтр нижних частот с конечной импульсной характеристикой. Используемые оконные функции. Их преимущества и недостатки. Расчет аналогового фильтра.
4	ЦАП и АЦП. Их использование при передаче информации.	Потеря информации при аналогово-цифровом преобразовании. Применение избыточных кодов при передаче информации. Восстановление потерянной информации. Принцип и алгоритмы передачи информации.

4.3 Перечень лабораторных работ

Семестр № 5

№	Наименование лабораторной работы	Кол-во академических часов
1	Программная реализация алгоритма дискретного преобразования Фурье	3
2	Программная реализация алгоритма быстрого преобразования Фурье	2
3	Программная реализация расчета взаимокорреляционной функции	3
4	Программная реализация алгоритма оконной фильтрации	3
5	Моделирование и реализация ЦАП и АЦП	5

4.4 Перечень практических занятий

Семестр № 5

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Сигнал, его типы. Ряд Фурье, его свойства и условия возможности разложения.	4
2	Дискретное преобразование Фурье, его свойства.	2
3	Быстрое преобразование Фурье (БПФ). Алгоритмы БПФ с прореживанием по времени и по частоте.	4
4	Корреляция. Автокорреляционная и взаимокорреляционная функции, их свойства.	2
5	Связь ВКФ и преобразования Фурье, теорема Рэлея, равенство Парсеваля.	4
6	Классификация цифровых фильтров, импульсная и передаточная характеристики.	2
7	Операция усреднения как Фильтр нижних частот с конечной импульсной характеристикой	2
8	Применение окон при проектировании фильтров. Наиболее широко используемые	4

	оконные функции, их преимущества и недостатки.	
9	Расчет аналогового фильтра. Способы аппроксимации АЧХ идеального нормированного ФНЧ	2
10	Частотное преобразование АЧХ фильтра.	2
11	Z-преобразование. Билинейная форма z-преобразования	2
12	Структура цифровых БИХ и КИХ фильтров и их характеристики.	2

4.5 Самостоятельная работа

Семестр № 5

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Подготовка к зачёту	10
2	Подготовка к практическим занятиям (лабораторным работам)	8
3	Проработка разделов теоретического материала	16
4	Расчетно-графические и аналогичные работы	10

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: Работа в команде, семинар в диалоговом режиме

5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

5.1.1 Методические указания для обучающихся по практическим занятиям

Во время практических занятий используется лекционный материал. Обсуждаются конкретные вопросы применения алгоритмов, способов и методов обработки сигналов. Рассматривается физический смысл реализуемых процедур преобразования сигналов и влияние их выполнения на характеристики сигналов

5.1.2 Методические указания для обучающихся по лабораторным работам:

Методические указания для обучающихся по лабораторным работам:

При выполнении лабораторных работ следует опираться на методические указания, использовать теоретический материал и образцы решения задач из лекций, основной и дополнительной литературы, практических занятий, решение выданных для самостоятельной работы задач.

5.1.3 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

Самостоятельная работа студентом проводится с целью:

- подготовки к конкретным видам занятий;
- для углубления знаний по учебной дисциплине;
- для расширения кругозора.

Самостоятельная подготовка к конкретным видам занятий включает:

- подготовку к очередной лекции;

- подготовку к практическим работам.

Подготовка к очередной лекции имеет целью освежить в памяти материал предыдущей лекции. При этом также выполняются задания, которые были предложены преподавателем для СРС по теме лекции. Для выяснения всех возникших вопросов используется рекомендованная литература или любая другая литература по теме дисциплины.

Углубление знаний и расширение кругозора по учебным и смежным с ними вопросам проводится при выполнении заданий преподавателя по написанию программ в рамках лабораторных работ и выполнению курсовой работы.

6 Фонд оценочных средств для контроля текущей успеваемости и проведения промежуточной аттестации по дисциплине

6.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля

6.1.1 семестр 5 | Устный опрос

Описание процедуры.

Текущая успеваемость оценивается по диалогу в начале каждой лекции/семинара в формате обсуждения со студентами темы предыдущих лекционных занятий.

Критерии оценивания.

В качестве критерия оценивания применяется впечатление о умении студентами применить рассматриваемые на прошлых занятиях алгоритмы, воспроизвести и сформулировать физический смысл применяемых методик преобразования и анализа сигналов.

6.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

6.2.1 Критерии и средства (методы) оценивания индикаторов достижения компетенции в рамках промежуточной аттестации

Индикатор достижения компетенции	Критерии оценивания	Средства (методы) оценивания промежуточной аттестации
ОПК ОС-4.3	Приобрел опыт проведения научных экспериментальных исследований и закрепил навыки их самостоятельного проведения. Умеет осуществлять поиск, анализ и систематизацию научно-технической и цифровой информации в своей профессиональной области.	Устное собеседование по теоретическим вопросам и выполнение практических заданий.

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Семестр 5, Типовые оценочные средства для проведения зачета по дисциплине

6.2.2.1.1 Описание процедуры

Зачет является заключительным этапом изучения учебной дисциплины и имеют целью проверить теоретические знания обучающихся, их навыки и умение применять полученные знания при решении практических задач. Допуск к зачету получает студент, выполнивший и защитивший все предусмотренные программой лабораторные работы. Зачет проводится в объеме рабочей программы учебной дисциплины. В билете для сдачи зачета включены два теоретических вопроса из разных разделов программы.

Пример задания:

Вопросы для проведения процедуры зачета

1. Аналоговый, дискретный и цифровой сигнал
2. Ряд Фурье, его свойства и условия возможности разложения
3. Дискретное преобразование Фурье, его свойства
4. Быстрое преобразование Фурье. Алгоритм БПФ с прореживанием по времени
5. Быстрое преобразование Фурье. Алгоритм БПФ с прореживанием по частоте
6. Прямое и обратное БПФ
7. Автокорреляционная функция, ее свойства
8. Взаимокорреляционная функция, ее свойства
9. Связь ВКФ и преобразования Фурье, теорема Рэлея, равенство Парсеваля
10. Классификация цифровых фильтров, импульсная и переходная характеристики.

Передаточная характеристика

11. Операция усреднения как ФНЧ КИХ фильтр
12. Применение окон при проектировании фильтров. Перечислить несколько оконных функций, описать их преимущества и недостатки.
13. Расчет аналогового фильтра. Способы аппроксимации АЧХ идеального нормированного ФНЧ
14. Частотное преобразование АЧХ фильтра
15. Z-преобразование. Билинейная форма z-преобразования.
16. Структура цифровых БИХ и КИХ фильтров и их характеристики.

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Зачтено	Не зачтено
Твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, 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.	Не дал ответа по вопросам билета; дал неверные, содержащие фактические ошибки ответы на все вопросы; не смог ответить на дополнительные и уточняющие вопросы. Неудовлетворительная оценка выставляется студенту, отказавшемуся отвечать на вопросы билета.

7 Основная учебная литература

1. Сергиенко А. Б. Цифровая обработка сигналов : учеб. пособие для вузов по направлению подгот. дипломир. специалистов "Информатика и вычисл. техника" / А. Б. Сергиенко, 2006. - 750.

2. Сергиенко Л. С. Математическое моделирование физико-технических процессов : монография / Л. С. Сергиенко ; науч. ред. В. Г. Власов, 2006. - 227.
3. Сергиенко Александр Борисович. Цифровая обработка сигналов : учеб. пособие для вузов по направлению подгот. дипломир. специалистов "Информатика и вычисл. техника" / А. Б. Сергиенко, 2003. - 603.
4. Голд Б. Цифровая обработка сигналов : перевод с английского / Б. Голд, Ч. М. Рэйдер, 1973. - 367.
5. Гольденберг Л. М. Цифровая обработка сигналов : справочник / Л. М. Гольденберг, Б. Д. Матюшкин, М. Н. Поляк, 1985. - 312.
6. Оппенгейм А. В. Цифровая обработка сигналов / А. В. Оппенгейм, Р. В. Шафер; пер. с англ. В. А. Лексаченко, В. Г. Челпанова; под ред. С. Я. Шаца, 1979. - 416.
7. Дмитриев А. А. Цифровая обработка сигналов : электронный курс / А. А. Дмитриев, 2020

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Сергиенко Александр Борисович. Цифровая обработка сигналов : учеб. пособие для вузов по направлению подгот. дипломир. специалистов "Информатика и вычисл. техника" / А. Б. Сергиенко, 2002. - 603.
2. Куприянов Михаил Степанович. Цифровая обработка сигналов: процессоры, алгоритмы, средства проектирования / Михаил Степанович Куприянов, Борис Дмитриевич Матюшкин, 1998. - 592.
3. Вильчинский В. Р. Цифровая обработка сигналов. Альтернативные методы : учебное пособие для вузов / В. Р. Вильчинский, 2025. - 56.
4. Оппенгейм А. Цифровая обработка сигналов : учебник / А. Оппенгейм, Р. Шафер; пер. с англ. С. А. Кулешова; под ред. А. Б. Сергиенко, 2009. - 855.
5. Цифровая обработка сигналов и изображений в радиофизических приложениях : монография / М. А. Басараб [и др.]; под ред. В. Ф. Кравченко, 2007. - 544.
6. Смит С. Цифровая обработка сигналов : монография / С. Смит, 2012. - 720.
7. Цифровая обработка сигналов и MATLAB : учебное пособие для вузов по направлению подготовки 210700 Инфокоммуникационные технологии и системы связи квалификации "бакалавр" и "магистр" / А. И. Солонина, Д. М. Клионский, Т. В. Меркучева, С. Н. Перов; гл. ред. Е. Кондукова, 2014. - 512.
8. Солонина А. И. Цифровая обработка сигналов. Моделирование в Simulink : для вузов по направлению подготовки 210700 "Инфокоммуникационные технологии и системы связи" квалификации "бакалавр" и квалификации "магистр" / А. И. Солонина, 2012. - 425.
9. Ишин А. Б. Цифровая обработка сигналов : электронный курс / А. Б. Ишин, 2023
10. Белов В.К. Цифровая обработка сигналов и изображений : учебное пособие / В. К. Белов, Д. О. Беглецов, 2011. - 148.

9 Ресурсы сети Интернет

1. <http://library.istu.edu/>
2. <https://e.lanbook.com/>
3. <http://dsplib.ru/>
4. <https://ru.dsplib.org/>

10 Профессиональные базы данных

1. <http://new.fips.ru/>
2. <http://www1.fips.ru/>

11 Перечень информационных технологий, лицензионных и свободно распространяемых специализированных программных средств, информационных справочных систем

1. Лицензионное программное обеспечение Системное программное обеспечение
2. Лицензионное программное обеспечение Пакет прикладных офисных программ
3. Лицензионное программное обеспечение Интернет-браузер
4. MATLAB_поставка 2015
5. MATLAB_Simulink поставка 2021 г
6. MATLAB Compiler concurrent AcademicEdition
7. Свободно распространяемое программное обеспечение Gnuplot

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Учебная аудитория для проведения лекционных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Оснащение: комплект учебной мебели, рабочее место преподавателя, доска. Мультимедийное оборудование (в том числе переносное): мультимедийный проектор, экран, акустическая система, компьютер с выходом в интернет.
2. Учебная аудитория для проведения лабораторных/практических (семинарских) занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Оснащение: комплект учебной мебели, рабочее место преподавателя, доска. Мультимедийное оборудование (в том числе переносное): мультимедийный проектор, экран, акустическая система, компьютер с выходом в интернет.