

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: 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

Многоканальные телекоммуникационные системы

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
ПКР-2 Способность к выполнению монтажных работ оборудования связи (телекоммуникаций) на участках высокой сложности выполнения таких работ	ПКР-2.6
ПКР-3 Способность к проведению тестирования оборудования, обработке режимов работы, контролю проектных параметров работы оборудования связи (телекоммуникаций)	ПКР-3.3

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ПКР-2.6	Умеет тестировать оборудование и отрабатывать режимы работы оборудования	Знать современную элементную базу цифровых, цифроаналоговых, аналоговых устройств, методику проектирования и отладки аппаратных и программных средств связи Уметь использовать современные информационно-коммуникационные технологии, в том числе специализированное программное обеспечение для решения задач проектирования и проведения расчетов Владеть методиками проектирования и отладки аппаратных и программных средств
ПКР-3.3	Владеет математическим аппаратом алгебры логики для подготовки сообщения к транспортировке и методами их реализации с помощью современных программных пакетов	Знать современные методы и подходы к проведению технико-экономических расчетов. Уметь применять технико-экономические расчеты. Владеть Навыками применения методик проведения технико-экономических расчетов с использованием современных подходов и методов.

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Цифровая обработка сигналов» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Физика», «Дискретная математика», «Математика», «Информационные технологии», «Методы программирования для

телекоммуникационных систем», «Электроника», «Общая теория связи», «Основы теории передачи информации», «Основы теории колебаний и волн»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Сети связи и системы коммутации», «Технологии цифрового телерадиовещания», «Основы передачи дискретных сообщений», «Основы компьютерного проектирования и моделирования устройств МТС», «Проектирование и эксплуатация систем передачи», «Образовательный форсайт», «Спутниковые и наземные системы радиосвязи»

3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 4 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)	
	Всего	Семестр № 6
Общая трудоемкость дисциплины	144	144
Аудиторные занятия, в том числе:	64	64
лекции	32	32
лабораторные работы	32	32
практические/семинарские занятия	0	0
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	44	44
Трудоемкость промежуточной аттестации	36	36
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	Экзамен	Экзамен

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Семестр № 6

№ 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	8	1, 2	12			1, 2, 3	16	Устный опрос
2	Корреляционная и автокорреляцион ная функция	2	8	3	6			2, 3	6	Устный опрос
3	Цифровые фильтры	3	8	4	6			2, 3, 4	16	Устный опрос
4	ЦАП и АЦП. Их использование при передаче информации.	4	8	5	8			2, 3	6	Устный опрос
5	-									Отчет
	Промежуточная аттестация								36	Экзамен

	Всего		32		32			80	
--	-------	--	----	--	----	--	--	----	--

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 6

№	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.
5	-	

4.3 Перечень лабораторных работ

Семестр № 6

№	Наименование лабораторной работы	Кол-во академических часов
1	Программная реализация алгоритма дискретного преобразования Фурье	6
2	Программная реализация алгоритма быстрого преобразования Фурье	6
3	Программная реализация расчета взаимокорреляционной функции	6
4	Программная реализация алгоритма оконной фильтрации	6
5	Моделирование и реализация ЦАП и АЦП	8

4.4 Перечень практических занятий

Практических занятий не предусмотрено

4.5 Самостоятельная работа

Семестр № 6

№	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 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.

5.1.2 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 6 | Отчет

Описание процедуры.

Входной контроль (ВК)

Описание процедуры: в течение 10 минут студенты дают краткие письменные ответы на вопросы, знание которых необходимо для усвоения материала курса.

Пример:

1. Что такое спектр сигнала?
2. Преобразование Фурье.
3. Формула Эйлера.

Критерии оценивания.

Критерии оценки: ответ засчитывается, если студент смог внятно объяснить физический смысл предложенных понятий

6.1.2 семестр 6 | Устный опрос

Описание процедуры.

Описание процедуры: Контрольный опрос обучающихся проводится в виде коллективного обсуждения со студентами.

Вопросы для контроля:

- 1) Физический смысл преобразования Фурье.
- 2) Свойства преобразования Фурье.
- 3) Спектры различных сигналов.
- 4) Корреляционная функция, её свойства и область применения.
- 5) Кросскорреляционная и автокорреляционная функция.
- 6) Цифровые фильтры. Виды аппроксимаций.
- 7) Применение цифровых фильтров.
- 8) Двумерная и многомерная фильтрация.
- 9) Фильтрация скользящим средним.
- 10) КИХ и БИХ фильтры.
- 11) ЦАП и АЦП, их назначение, плюсы и минусы.
- 12) Квантование и дискретизация. Разрядность, скважность, точность.

Критерии оценивания.

Критерии оценки: оценивается активность студента в коллективном обсуждении, уровень понимания материала, физических процессов, обоснованности того или иного решения в построении устройства и способность к изложению материала

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
ПКР-2.6	Сформировавшееся систематическое	устное

	знание методов проектирования технико-экономического обоснования проектных расчетов	собеседование по теоретическим вопросам и/или выполнение практических заданий
ПКР-3.3	Исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно излагает теоретический материал, использует в ответе материал научной литературы, свободно справляется с задачами	Устное собеседование по теоретическим вопросам и/или выполнение практических заданий

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Семестр 6, Типовые оценочные средства для проведения экзамена по дисциплине

6.2.2.1.1 Описание процедуры

Успешному проведению экзамена способствует систематическое посещение лекционных, практических и семинарских занятий, тщательная проработка вопросов, выносимых на обсуждения на групповых занятиях и самостоятельная подготовка обучающихся. При подготовке к экзамену необходимо ознакомиться с вопросами, составить структурно-логическую схему ответа на каждый вопрос, используя при этом материалы лекционных практических и семинарских занятий, рекомендуемую преподавателем литературу. При возникновении сложностей в процессе подготовки к экзамену необходимо обратиться за консультацией к преподавателю.

Экзамены являются заключительным этапом изучения учебной дисциплины и имеют целью проверить теоретические знания обучающихся, их навыки и умение применять полученные знания при решении практических задач. Экзамен проводится в объеме рабочей программы учебной дисциплины. В экзаменационный билет включены два теоретических вопроса из разных разделов программы. Обучающийся имеет время на подготовку ответов на вопросы, после чего беседует с преподавателем по теме вопроса/билета.

Пример задания:

Типовые оценочные средства для проведения экзамена/дифференцированного зачета по дисциплине

Вопросы для проведения экзамена

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

Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
Глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал научной литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения	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.	Имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.	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.

практических задач.			
------------------------	--	--	--

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.