

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

«УСТРОЙСТВА ПРИЕМА И ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ»

Направление: 11.04.01 Радиотехника

Радиотехнические телекоммуникационные устройства и системы

Квалификация: Магистр

Форма обучения: очная

Документ подписан простой электронной подписью
Составитель программы: Полетаев Александр Сергеевич
Дата подписания: 18.06.2025

Документ подписан простой электронной подписью
Утвердил и согласовал: Ченский Александр Геннадьевич
Дата подписания: 18.06.2025

Год набора – 2025

Иркутск, 2025 г.

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

1.1 Дисциплина «Устройства приема и обработки сигналов» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ПК-1 Способен собирать и анализировать исходные данные, проводить поиск инновационных методов обработки сигналов и принципов построения аппаратных средств	ПК-1.1
ПК-3 Способен моделировать и разрабатывать математические и физические модели радиоэлектронных средств на схемотехническом и системотехническом уровнях	ПК-3.5

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ПК-1.1	Знает структурные и функциональные схемы радиоэлектронных систем и комплексов	Знать физические принципы работы, используемые в трактах и функциональных узлах устройств для приема и обработки аналоговых и цифровых сигналов различных видов; структурные и принципиальные схемы устройств приема, а также предъявляемые к ним технические требования. Уметь измерять значения параметров устройств приема и обработки сигналов при их настройке и эксплуатации; проводить экспериментальное исследование устройств приема и обработки сигналов, используя современные методы анализа и синтеза. Владеть средствами моделирования структурных и функциональных схем радиоэлектронных систем.
ПК-3.5	Способен производить испытание и сдачу в эксплуатацию опытных образцов радиоэлектронных устройств и систем	Знать основную аппаратуру для измерения характеристик сигналов и радиотехнических цепей приемного тракта; методы экспериментального исследования устройств приема и обработки сигналов и их функциональных узлов Уметь выполнять настройку и проверять правильность

		<p>функционирования макетов и опытных образцов устройств приема и обработки сигналов с использованием соответствующей измерительной аппаратуры и средств автоматизации экспериментальных исследований; обеспечивать и документально подтверждать соответствие характеристик макета и опытного образца требованиям технического задания.</p> <p>Владеть измерительными и поверочными инструментами для проведения испытаний радиоприемных устройств и сдачу в эксплуатацию опытных образцов</p>
--	--	---

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Устройства приема и обработки сигналов» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Устройства генерирования и формирования сигналов», «Цифровая обработка сигналов в системах передачи информации»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Измерения в технике связи», «Информационно-измерительные радиотехнические системы», «Производственная практика: преддипломная практика», «Системы и устройства радиосвязи»

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 № 2
Общая трудоемкость дисциплины	108	108
Аудиторные занятия, в том числе:	39	39
лекции	13	13
лабораторные работы	13	13
практические/семинарские занятия	13	13
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	42	42
Трудоемкость промежуточной аттестации	27	27
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	Экзамен	Экзамен

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Семестр № 2

№ 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	Основные функциональные узлы и структурные схемы радиоприемников	1	2	1	4	1	4	1, 2	8	Отчет по лабораторной работе
2	Квадратурный анализ сигналов	2	2	2	4	2	4	1, 2	8	Отчет по лабораторной работе
3	Автоматическая регулировка в приёмных устройствах	3	2					4	4	Контрольная работа
4	Прием широкополосных сигналов	4	2	3	5	3	5	1, 2	8	Отчет по лабораторной работе
5	Измерительные радиоприемники	5	2					4	4	Контрольная работа
6	Приемные устройства ГНСС	6	3					3, 4	10	Контрольная работа
	Промежуточная аттестация								27	Экзамен
	Всего		13		13		13		69	

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 2

№	Тема	Краткое содержание
1	Основные функциональные узлы и структурные схемы радиоприемников	Классификация радиоприемников. Приемник прямого усиления. Супергетеродинный приемник. Прямой и зеркальный каналы. Приемники типа инфрадин. Приемник прямого преобразования частоты. Синхродин (синхронный детектор). Радиолокационные приемники. Квадратурные приемники (SDR). Корреляционный приемник.
2	Квадратурный анализ сигналов	Преобразование Гильберта. Спектр аналитического сигнала. Вычисление дополнения Гильберта, оценка параметров сигнала. Получение однополосной модуляции. Квадратурный демодулятор. Демодулятор QAM, анализ квадратур QAM.
3	Автоматическая регулировка в приёмных устройствах	Виды регулировок. Обратные системы АРУ, прямая АРУ. Цифровая АРУ (ЦАРУ). Некоторые варианты схем АРУ. СВТЧ и СВН. Автоматическая подстройка частоты (АПЧ). Частотная автоподстройка частоты. Фазовая автоподстройка частоты. Схема Пистолькорса и

		Сифорова, схема Костаса. СВТЧ с пассивной и активной фильтрацией.
4	Прием широкополосных сигналов	Широкополосный сигнал. Свойства широкополосных систем. Система с расширением спектра методом скачкообразного изменения частоты FHSS. Прием сигналов в системе FDMA. Прием OFDM сигналов. Прием сигналов в системе TDMA. Прием сигналов в системе CDMA.
5	Измерительные радиоприемники	Понятие измерительного приемника. Требования к приемникам. Анализаторы спектра. Недостатки анализатора спектра. Следящий преселектор. Следящий генератор. Свип-генератор. Оценка частотных характеристик. Ширина полосы пропускания. Зависимость уровня шума от полосы. Структурная схема приемника ESH2. Измерительные антенны. Штыревая антенна. Дипольные антенны. Рамочные антенны. Измерительный СДВ-ДВ приемник. СДВ радиокип. Оценка возмущений нижней ионосферы. Радиопросвечивание GPS сигналами.
6	Приемные устройства ГНСС	Принципы работы ГНСС. Основные характеристики ГНСС. Классификация спутниковых приемников. Параметры приемников ГНСС. Схема кодировки сигналов GPS. Факторы, приводящие к погрешностям. Примеры приемников, структурные схемы Дисциплинированные спутниковые часы. Обработка данных NMEA.

4.3 Перечень лабораторных работ

Семестр № 2

№	Наименование лабораторной работы	Кол-во академических часов
1	Спектральный анализ сигналов радиотехнических систем	4
2	Прием и демодуляция сигналов FM радиостанций	4
3	Прием сигналов с OFDM модуляцией	5

4.4 Перечень практических занятий

Семестр № 2

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Моделирование работы FM демодулятора	4
2	Моделирование работы QAM демодулятора	4
3	Моделирование OFDM сигналов	5

4.5 Самостоятельная работа

Семестр № 2

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Оформление отчетов по лабораторным и практическим работам	12
2	Подготовка к практическим занятиям (лабораторным работам)	12
3	Подготовка к экзамену	6
4	Проработка разделов теоретического материала	12

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: мультимедийные технологии подачи лекционного материала, обучающие видеозаписи, мастер-классы, групповые дискуссии, решение специальных задач в малых группах, кейс-метод решения задач. Предполагается при изучении некоторых тем использовать опережающее самостоятельное обучение, то есть студенты должны ознакомиться с презентацией и самостоятельно подготовиться к заданной теме, а на занятиях провести обсуждение этой темы. Такой подход позволяет перейти от автоматического записывания лекционного материала к его вдумчивому изучению.

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

Скляр Бернанд. Цифровая связь: Теорет. основы и практ. применение : [Пер. с англ.] / Бернанд Скляр, 2003. - 1099

5.1.2 Методические указания для обучающихся по лабораторным работам:

Хит Р. Цифровые системы радиосвязи. Лабораторный практикум по исследованию процессов физического уровня с использованием оборудования NI URSP : учебное пособие / Роберт Хит-мл.; пер. с англ. В. Е. Засенко [и др.], 2016. - 139.

5.1.3 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

Полетаев А. С. Устройства приема и обработки сигналов : электронный курс / А. С. Полетаев, 2023

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 2 | Отчет по лабораторной работе

Описание процедуры.

Работа выполняется в среде программирования LabVIEW. Необходимо выполнить моделирование сигналов, исследовать различные методы их обработки. Результаты экспериментальных исследований работы приемной аппаратуры демонстрируют принятый сигнал, выполнена оценка его параметров. Результаты предоставляются на проверку в форме электронного отчета.

Пример задания:

1. Сгенерировать случайным образом двоичную последовательность. задается скорость потока данных, количество бит, частота дискретизации. Рассчитать количество семплов на один бит, длительность выборки.
2. Отобразить на индикаторе двоичный код, показать осциллограмму двоичных импульсов напряжения.
3. При помощи инструментов из панели RF Communications получить FSK сигнал. задаваемые параметры: Частота несущей, девиация частоты. Построить осциллограмму и спектр сигнала.
4. Добавить к сигналу гауссов белый шум. задается среднеквадратичное значение шума.
5. Выполнить демодуляцию сигнала несколькими методами:
 - прямое детектирование частоты (метод подсчета импульсов, преобразование частоты в напряжение)
 - оптимальная фильтрация (согласованный фильтр)
 - метод прямого преобразования частоты
 - при помощи способа корреляционного приема радиоимпульсов лог.0 и лог.1
 - по принципу супергетеродинного приема
6. Определить коэффициент битовых ошибок.
7. Для каждого метода построить график зависимости вероятности ошибочного приема от соотношения сигнал шум.
8. Оформить отчет в электронном виде, загрузить в электронное обучение.

Критерии оценивания.

Технические параметры модулятора и детектора согласованы, приведены правильные осциллограммы и спектрограммы сигналов в контрольных точках схемы, выполнен анализ результатов и сделаны выводы к работе. Предоставлен отчет, даны правильные ответы на контрольные вопросы.

6.1.2 семестр 2 | Контрольная работа

Описание процедуры.

В течение 10 минут студенты пишут краткие ответы на вопросы по пройденной на предыдущем занятии теме.

Примеры вопросов:

1. Начертить схему Костаса.
2. Начертить схему выделения несущей частоты (схема Сифорова).
3. Сформулировать основные принципы автоматической подстройки частоты.

Критерии оценивания.

Контрольная работа зачтена, если полнота ответов на вопросы составляет не менее 80%.

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
ПК-1.1	Исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно излагает принципы функционирования различных устройств приема и обработки радиосигналов. Выполняет подключение лабораторного оборудования для экспериментального исследования преобразований сигналов в отдельных радиотехнических узлах. Демонстрирует умение настраивать оборудование и средства технического контроля радиоприемной аппаратуры.	Устное собеседование по теоретическим вопросам и/или выполнение практических заданий.
ПК-3.5	Исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно излагает принципы функционирования различных устройств приема и обработки радиосигналов. Выполняет подключение лабораторного оборудования для экспериментального исследования преобразований сигналов в отдельных радиотехнических узлах. Демонстрирует умение настраивать оборудование и средства технического контроля радиоприемной аппаратуры.	Устное собеседование по теоретическим вопросам и/или выполнение практических заданий.

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Семестр 2, Типовые оценочные средства для проведения экзамена по дисциплине

6.2.2.1.1 Описание процедуры

К экзамену допускаются студенты, успешно выполнившие курс практических занятий и защитившие все лабораторные работы. Экзамен проходит в устной форме. Экзаменационный билет содержит два теоретических вопроса из различных разделов курса.

Вопросы к экзамену по дисциплине «Устройства приема и обработки сигналов»:

1. Принципы преобразования частоты. Общая теория работы преобразователя частоты. Основные характеристики преобразователей частоты. Принцип работы приемников прямого преобразования частоты.
2. Структура и принципы работы супергетеродинных приемников. Прямой и зеркальный каналы. Основные параметры и характеристики.
3. Особенности работы и использования приемников типа инфрадин. Сравнительный анализ приемников супергетеродинного и инфрадинного типа.
4. Синхродин (синхронный детектор). Структура, принцип работы, технические

характеристики.

5. Детекторные приемники и приемники прямого усиления. Примеры схем, их преимущества и недостатки.
6. Радиолокационные приемники. Режимы работы, методы обработки радиолокационных сигналов.
7. Квадратурные приемники. Их применение в программно определяемых радиосистемах (SDR).
8. Корреляционные приемники. Критерий идеального наблюдателя. Принцип максимального правдоподобия Структурная схема оптимального приемника для различения двух известных сигналов на фоне помех.
9. Согласованный фильтр для обнаружения сигнала на фоне помех. Оптимальный приемник на основе согласованных фильтров.
10. Преобразование Гильберта. Вычисление дополнения Гильберта. Форма и спектр аналитического сигнала, оценка параметров сигналов.
11. Квадратурный демодулятор. Демодуляция QAM сигналов.
12. Структура когерентного демодулятора MSK сигналов.
13. Применение автоматических регулировок в приемных устройствах. Виды регулировок.
14. Автоматическая регулировка усилением. Прямая и обратная системы АРУ.
15. Фазовая и частотная автоподстройка частоты. Схемы, примеры использования ФАПЧ, ЧАПЧ.
16. Восстановление несущей частоты в приемных устройствах. Схемы, Пистолькорса, Сифорова, Костаса.
17. Схемы выделения тактовой частоты. СВТЧ с пассивной и активной фильтрацией.
18. Широкополосные сигналы и их свойства. Особенности обработки широкополосных сигналов.
19. Системы с расширением спектра методом скачкообразного изменения частоты Приемники сигналов FHSS, примеры схем.
20. Структура приемных устройств в системах FDMA и TDMA.
21. Демодуляция OFDM сигналов. Принципы построения приемных систем OFDM.
22. Разделение сигналов по форме. Прием сигналов в системах CDMA.
23. Понятие измерительного приемника. Основные параметры и требования, особенности схемотехнической реализации. Примеры измерительных приемников.
24. Следящий преселектор, следящий генератор, свип-генератор. Структура, принцип работы, применение в измерительных приемниках.
25. Измерительные антенны. Виды измерительных антенн. Конструкция, принцип работы, калибровка.
26. Прием сигналов ГНСС. Основные параметры ГНСС, классификация приемных устройств. Технические характеристики приемников спутниковых систем, структурные схемы.
27. Обработка сигналов ГНСС. Погрешности, возникающие при обработке сигналов спутниковых навигационных систем. Основные факторы, приводящие к погрешностям.

Пример задания:

Билет №1.

1. Синхродин (синхронный детектор). Структура, принцип работы, технические характеристики.
2. Структура когерентного демодулятора MSK сигналов.

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
для получения оценки «отлично» необходимо полностью и исчерпывающе раскрыть суть теоретических вопросов, верно ответить на все уточняющие вопросы	для получения оценки «хорошо» необходимо верно ответить на все теоретические вопросы. Допускаются небольшие неточности в ответах	для получения оценки «удовлетворительно» достаточно наполовину правильно раскрыть содержание теоретических вопросов	Студент получает оценку «неудовлетворительно» если затрудняется с ответом на большую часть вопросов; демонстрирует полное неумение ориентироваться в теме вопросов

7 Основная учебная литература

1. Полетаев А. С. Устройства приема и обработки сигналов : электронный курс / А. С. Полетаев, 2023
2. Дворников С. В. Устройства приема и обработки сигналов : учебное пособие / С. В. Дворников, А. Ф. Крячко, С. В. Мичурин, 2020. - 512.
3. Головин О. В. Устройства генерирования, формирования, приема и обработки сигналов : учебное пособие по специальностям «Средства связи с подвижными объектами» и «Радиосвязь, радиовещание и телевидение» / О. В. Головин, 2012. - 782.
4. Хит Р. Цифровые системы радиосвязи. Лабораторный практикум по исследованию процессов физического уровня с использованием оборудования NI URSP : учебное пособие / Роберт Хит-мл.; пер. с англ. В. Е. Засенко [и др.], 2016. - 139.
5. Радиоприемные устройства в системах радиосвязи : учебное пособие / Ю. Т. Зырянов [и др.], 2018. - 320.

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Прокис Джон Дж. Цифровая связь / Прокис Дж., 2000. - 797.
2. Скляр Бернард. Цифровая связь: Теорет. основы и практ. применение : [Пер. с англ.] / Бернард Скляр, 2003. - 1099.
3. Онищук А. Г. Радиоприемные устройства : учеб. пособие для студентов специальностей радиотехн. и телекоммуникац. профиля учреждений, обеспечивающих получение высш. образования / А. Г. Онищук, И. И. Забеньков, А. М. Амелин, 2007. - 240.
4. Травин Г. А. Радиоприемные устройства систем радиосвязи и радиодоступа : учебное пособие для вузов / Г. А. Травин, Д. С. Травин, 2023. - 52.
5. Феер К. Беспроводная цифровая связь: Методы модуляции и расширения спектра / К. Феер, 2000. - 518.

9 Ресурсы сети Интернет

1. <https://el.istu.edu/course/view.php?id=6892>
2. <http://library.istu.edu/>

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

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. LabView
2. Свободно распространяемое программное обеспечение SDR++
3. Свободно распространяемое программное обеспечение Anaconda Navigator
4. MATLAB_поставка 2015
5. MultiSim 10.1_EDUCATION_25 USER LICENSE _поставка 2010

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Комплект коммуникационного оборудования на базе National Instruments
2. NI PXI
3. NI ELVIS II
4. NI USRP
5. SDR RTL