

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Б1.О.30 Устройства приёма и преобразования сигналов

наименование дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом

Направление подготовки / специальность

11.03.01 Радиотехника

Направленность (профиль)

11.03.01 Радиотехника

Форма обучения

очная

Год набора

2022

Красноярск 2023

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Программу составили \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ кандидат технических наук, доцент, зав.кафедрой, Ф.В. Зандер

\_\_\_\_\_ должность, инициалы, фамилия

## **1 Цели и задачи изучения дисциплины**

### **1.1 Цель преподавания дисциплины**

Целью изучения дисциплины является усвоение основ физических процессов, теории и принципов приема и преобразования сигналов, построения и функционирования узлов и блоков, используемых в различных радиотехнических системах, для приема и преобразования сигналов.

### **1.2 Задачи изучения дисциплины**

К задачам изучения дисциплины относится овладение общей теорией методов приема и обработки сигналов, теория построения оптимальных и квазиоптимальных приемных устройств, применяемых в отрасли, способов аппаратно-программной реализации УПиПС, в том числе на основе методов цифровой (первичной, вторичной, третичной) обработки сигналов и на современной элементной базе, и умением применить полученные знания к решению прикладных задач при технической эксплуатации радиооборудования.

Студент, изучивший дисциплину «Устройства приема и преобразования сигналов», должен:

- знать основные структуры и схемотехнику УПиПС; основные методы приема и преобразования сигналов; теорию и методы оптимального приема сообщений; методы обеспечения основных характеристик УПиПС; физические принципы, используемые при построении усилительно-преобразовательных трактов УПиПС, принципы работы систем автоматического регулирования и адаптивных устройств радиоприемных устройств; методы экспериментального исследования радиоприемников и их функциональных узлов;
- уметь применять статистические теории обнаружения – различения сигналов, оценивания их параметров и фильтрации информационных процессов; проектировать радиоприемные устройства по заданным показателям качества с использованием современной элементной базы; составлять электрические структурные, функциональные и принципиальные схемы радиоприемных устройств; формулировать и обосновывать технические требования к ним и отдельным узлам; осуществлять экспериментальные исследования УПиПС и их функциональных узлов;
- владеть методами, необходимыми для выбора элементной базы и конструкторских решений с учетом требований надежности, устойчивости к воздействию окружающей среды, электромагнитной совместимости и технологичности;
- представлять пути обеспечения заданных характеристик радиоприемных устройств – чувствительности, одно- и многосигнальной частотной избирательности, динамического диапазона по основному и соседним каналам; представлять принципы построения приемных трактов с малым уровнем собственных шумов, высокой частотной избирательностью, низким уровнем перекрестных и интермодуляционных помех, а также тенденции, перспективы и проблемы развития техники радиоприема.

**1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине
<b>ОПК-1: Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности</b>	
ОПК-1.1: Понимает фундаментальные законы природы; основные физические и математические методы накопления, передачи и обработки информации	Фундаментальные законы природы, основные методы накопления, передачи, обработки информации Накапливать, передавать и обрабатывать информацию Физическими и математическими методами работы с информацией
ОПК-1.2: Применяет физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера	Физические законы и математические методы решения задач теоретического и прикладного характера Применять физ. законы и мат. методы решения задач теоретического и прикладного характера Методами применения физ. законов и мат. методов решения задач
ОПК-1.3: Использует знания естественных наук и математики при решении практических задач	Естественные науки и математику в объёме, необходимом для решения практических задач Использовать имеющиеся знания естественных наук и математики для решения практических задач Способами использовать естественные науки и математику для решения практических задач
<b>ОПК-2: Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных</b>	
ОПК-2.1: Применяет основные методы и средства проведения экспериментальных исследований, системы стандартизации и сертификации	Основные методы и средства проведения экспериментальных исследований, системы стандартизации и сертификации Проводить экспериментальные исследования Методами и средствами проведения экспериментальных исследований
ОПК-2.2: Выбирает способы и средства измерений и проводит экспериментальные исследования	Способы и средства измерений Проводить экспериментальные исследования Методами выбора способов и средств измерений
ОПК-2.3: Обрабатывает и представляет полученные данные и оценивает погрешности результатов измерений	Правила обработки и представления полученных данных  Обрабатывать и представлять полученные данные и оценивать погрешности результатов измерений Методикой оценки погрешности результатов измерений

#### **1.4 Особенности реализации дисциплины**

Язык реализации дисциплины: Русский.

Дисциплина (модуль) реализуется без применения ЭО и ДОТ.

## 2. Объем дисциплины (модуля)

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад. час)	е
		1
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>2 (72)</b>	
занятия лекционного типа	1 (36)	
лабораторные работы	1 (36)	
<b>Самостоятельная работа обучающихся:</b>	<b>1 (36)</b>	
курсовое проектирование (КП)	Нет	
курсовая работа (КР)	Нет	

### 3 Содержание дисциплины (модуля)

#### 3.1 Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план занятий)

		Контактная работа, ак. час.							
№ п/п	Модули, темы (разделы) дисциплины	Занятия лекционного типа		Занятия семинарского типа				Самостоятельная работа, ак. час.	
				Семинары и/или Практические занятия		Лабораторные работы и/или Практикумы			
		Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС
<b>1. Общие сведения. Шумы УПиПС</b>									

<p>1. Общие сведения о моделях сигналов и помех, их характеристики. Моделирование электромагнитной обстановки в различных условиях приема. Назначение, функции и классификация УПиПС, их использование в разных радиотехнических системах.</p> <p>Краткий исторический очерк развития техники радиоприема. Связь отдельных этапов ее развития с эволюцией в соответствующих областях радиоэлектроники.</p> <p>Структурные принципы реализации основных функций УПиПС. Структуры и особенности радиоприемных трактов, отличающихся видами частотного преобразования спектра принимаемого сигнала: прямого усиления, супергетеродина, инфрадина, синхродина. Физические принципы построения усилительно-преобразовательного тракта УПиПС с малым уровнем собственных шумов, с высокой частотной избирательностью, с низким уровнем перекрестных и интермодуляционных помех. Общие сведения о структурах, использующих принципы статистической обработки радиосигналов в условиях действия помех приему. Основные характеристики и параметры УПиПС: чувствительность, избирательно</p>	2							
---	---	--	--	--	--	--	--	--



<p>2. Внутренние шумы как фактор, ограничивающий реальную чувствительность радиоприемников. Источники шумов, их характеристики, принципы моделирования. Шумы антенно-фидерных устройств, пассивных цепей, активных элементов. Коэффициент шума, шумовая температура и их связь с реальной чувствительностью радиоприемника. Методы расчета его шумовых характеристик и связь с характеристиками отдельных функциональных звеньев. Использование общей теории шумящих цепей (двухполюсников, четырехполюсников, многополюсников)</p>	2							
<p>3. Инструктаж по технике безопасности. Изучение лабораторного оборудования.</p>					4			
<p>4. Общие сведения о УПиПС. Внутренние шумы в трактах УПиПС.</p>							2	
<b>2. Функциональные узлы и блоки УПиПС</b>								
<p>1. Определение, назначение, классификация, требования к входным цепям (ВЦ). Принцип работы и схемы ВЦ различных диапазонов волн. Особенности конструкций ВЦ. Анализ обобщенной структуры ВЦ. Анализ одноконтурной и многоконтурной ВЦ. Работа с антеннами различных видов: настроенными и ненастроенными, сменными и стационарными, электрическими и магнитными. Перестройка ВЦ в рабочем диапазоне частот. Коэффициент шума ВЦ и методы его уменьшения.</p>	2							
<p>2. Изучение входных цепей</p>					4			

3. Изучение входных цепей. Основы расчета и моделирования ВЦ							2	
4. Назначение, классификация и требования к усилителям радиосигналов (УРС). Принципы работы и схемы УРС. Особенности конструкций УРС. Обобщенные структуры УРС на основе невзаимного усилительного прибора и его соединений. Условия получения максимального усиления сигнала. Режим максимального усиления при контроле полосы пропускания. Обобщенная теория устойчивости УРС. Использование различных критериев устойчивости. Коэффициент устойчивости как мера устойчивости УРС. Методы повышения устойчивости. Искажения сигналов в УРС. Влияние помех. Способы уменьшения искажения сигналов в УРС. Анализ коэффициента шума УРС и ВЦ. Режим согласования тракта по шумам и сравнение его с режимом согласования по мощности. Оптимизация шумовых параметров усилителей радиосигналов. Методы уменьшения коэффициента шума УПиПС.	2							
5. Изучение усилителей радиосигнала					4			
6. Изучение усилителей радиосигналов. Основы расчета и моделирования УРС							4	
7. Применение цифровых и дискретно-аналоговых фильтров. Искажение сигналов в УПЧ.	2							

<p>8. Усилители промежуточной частоты (УПЧ). Искажение сигналов в УПЧ. Переходные процессы в УПЧ Основы расчета и моделирования УПЧ</p>							4	
<p>9. Определение, назначение, классификация и требования к малошумящим усилителям (МУ). Транзисторные усилители СВЧ. Использование для анализа усилителей СВЧ системы волновых параметров. Анализ основных характеристик Параметрические усилители-преобразователи. Сравнительная характеристика различных типов малошумящих усилителей СВЧ диапазона. Тенденции их совершенствования</p>	2							
<p>10. Малошумящие усилители диапазона СВЧ. Регенеративные усилители СВЧ на приборах с «отрицательным» сопротивлением. Анализ основных характеристик. Параметрические усилители. Анализ основных характеристик. Параметрические усилители-преобразователи</p>							4	

<p>11. Определение, назначение, классификация и требования к преобразователям частоты (ПЧ). Принцип работы и схемы ПЧ различных диапазонов волн. Транзисторные смесители и смесители на основе перемножителей сигналов. Смесители частоты в диапазоне СВЧ.</p> <p>Особенности гетеродинов ПЧ. Аналоговые и цифровые синтезаторы частот в УПиПС: принцип действия, основные структуры и характеристики. Влияние характеристик гетеродина (интенсивность и формы колебания, уровня собственных шумов) на работу ПЧ.</p> <p>Общая теория преобразования частоты. Обобщенная структурная схема ПЧ и ее элементы. Побочные каналы приема, интермодуляционные свисты в супергетеродинном радиоприемном устройстве. Выбор его промежуточной частоты. Однократное и многократное преобразование частоты</p>	4							
12. Изучение преобразователей частоты				4				
13. Преобразователи частоты. Основы расчета и моделирования ПЧ						2		

<p>14. Определение, назначение, классификация и требования к детекторам амплитудно-модулированных (АМ) сигналов.  Принцип работы и схемы аналоговых и цифровых детекторов АМ–сигналов.  Общая теория детектирования сигналов с АМ.  Искажения в диодном детекторе, методы их уменьшения.  Детектирование двух высокочастотных напряжений с различными несущими частотами.  Совместное действие сигнала и шума на детектор АМ–сигналов. Особенности детекторов импульсных и дискретных сигналов. Переходный режим работы детектора и его влияние на искажения сигнала.  Основы расчета и моделирования детекторов АМ и импульсных сигналов</p>	2							
15. Изучение детекторов АМ сигнала					4			
16. Детекторы амплитудно-модулированных, импульсных и дискретных сигналов							2	
<p>17. Определение, назначение, классификация и требования к амплитудным ограничителям (АО).  Принцип работы и схемы АО.  Прохождение сигналов и помех через АО.</p>	2							
18. Амплитудные ограничители. Основы расчета и моделирования АО.							2	

<p>19. Определение, назначение, классификация и требования к детекторам сигналов с частотной модуляцией (ЧМ).          Принцип работы и схемы аналоговых и цифровых детекторов сигналов с ЧМ.          Искажения в детекторах сигналов с ЧМ и способы их уменьшения.          Прохождение сигнала и шума через детектор сигналов с ЧМ. Пороговые свойства детекторов и способы снижения порога.</p>	2							
20. Изучение детекторов ЧМ сигнала					4			
21. Детекторы сигналов с частотной модуляцией. Основы расчета и моделирования детекторов сигналов с ЧМ.							2	
22. Определение, назначение, классификация и требования к детекторам сигналов с фазовой модуляцией (ФМ). Принцип работы и схемы аналоговых и цифровых детекторов сигналов с ФМ.	2							
23. Детекторы сигналов с фазовой модуляцией. Основы расчета и моделирования детекторов сигналов с ФМ.							2	

<p>24. Назначение, классификация видов управления и регулировок в технике радиоприема, требования к ним. Автоматизация управления.</p> <p>Настройка УПиПС. Электронная перестройка колебательных контуров. Системы настройки радиоприемных устройств на заданную частоту. Сопряжение настроек контуров в супергетеродинном радиоприемнике. Программная настройка «запоминанием» избранных каналов приема, автопоиск сигнала.</p> <p>Автоматическая регулировка усиления (АРУ) в устройствах для УПиПС.</p> <p>Классификация и основные параметры систем АРУ. Принцип работы и схемы аналоговых и цифровых систем АРУ.</p> <p>Время установления переходных процессов в системе АРУ и выбор постоянной времени фильтра. Влияние систем АРУ на искажения принимаемых сигналов.</p> <p>Особенности систем АРУ радиоприемных устройств импульсных сигналов.</p> <p>Оптимальное распределение порядка работы нескольких регуляторов АРУ при многокаскадном построении усилительных трактов.</p> <p>Автоматическая подстройка частоты (АПЧ) в устройствах приема и обработки сигналов.</p> <p>Классификация и о</p>	2							
25. Изучение системы АРУ					4			
26. Изучение системы ФАПЧ					4			
27. Изучение системы ЧАПЧ					4			

<p>28. Управление устройствами приема и обработки сигналов. Основы расчета и моделирования систем АРУ. Основы расчета и моделирования систем АПЧ. Цифровые системы управления и отсчета частоты в устройствах для УПиПС.</p>							2	
<b>3. Отдельные УПиПС. Особенности. Борьба с помехами. Перспективы развития УПиПС</b>								
<p>1. Классификация помех радиоприему. Общая характеристика методов борьбы с помехами радиоприему.          Прохождение импульсной помехи через УПиПС. Совместное воздействие на УПиПС радиосигнала и импульсной помехи. Методы борьбы с импульсными помехами.          Совместное воздействие на УПиПС радиосигнала и сосредоточенной по спектру помехи. Методы борьбы с сосредоточенными по спектру помехами. Методы расширения динамического диапазона УПиПС и их основных функциональных узлов.          Прохождение флуктуационной помехи через УПиПС. Совместное воздействие на УПиПС радиосигнала и флуктуационной помехи. Методы борьбы с флуктуационными помехами. Методы и устройства оптимального приема и обработки сигналов.          Методы борьбы с мультипликативными помехами. Влияние УПиПС на характеристики электромагнитной совместимости (ЭМС) радиосистем и радиоустройств. Связь характеристик ЭМС с параметрами УПиПС. Методы улучшения внутрисистемной и внутриаппаратурной ЭМС.</p>	2							
<p>2. Помехи радиоприему и методы борьбы с ними</p>							2	



<p>3. Устройства для приема и обработки непрерывных сигналов. Устройства для приема и обработки сигналов с АМ. Искажения сигналов и методы их уменьшения. Определение полосы пропускания такого устройства и оптимизация структуры информационного тракта. Устройства для приема и обработки однополосных сигналов. Искажения сигналов и методы их уменьшения. Определение полосы пропускания такого устройства и оптимизация структуры информационного тракта.</p> <p>Устройства для приема и обработки сигналов с ЧМ. Искажения сигналов с ЧМ и методы их уменьшения. Определение полосы пропускания такого устройства и оптимизация структуры информационного тракта.</p> <p>Устройства для приема и обработки импульсных и импульсно-аналоговых сигналов. 14.2.2. Устройства для приема и обработки импульсно-аналоговых сигналов.</p> <p>Устройства для приема и обработки дискретных сигналов.</p> <p>Устройства для приема и обработки сигналов амплитудной телеграфии (АТ). Определение полосы пропускания такого устройства и оптимизация структуры информационного тракта.</p>	2							
<p>4. Устройства для приема и преобразования различных видов сигналов. Следящие методы приема ЧМ сигналов. Устройства для приема и обработки радиоимпульсных сигналов</p>							2	

<p>5. Радиовещательные приемники. Методы улучшения характеристик. Радиоприемники цифрового радиовещания. Спектральная характеристика сигнала после АЦП. Определение полосы пропускания такого радиоприемника.</p> <p>Приемники декаметрового диапазона волн магистральных линий связи.</p> <p>Приемники радиорелейных линий связи.</p> <p>Приемники космической навигации и спутниковой связи.</p> <p>Приемники наземных станций.</p> <p>Приемники бортовых систем приема и передачи информации.</p> <p>Приемники телевизионных систем.</p> <p>Приемники оптических сигналов. Частотные фильтры и детекторы оптических сигналов. Чувствительность таких радиоприемников</p>	4							
<p>6. Особенности УПиПС различного назначения. Особенности радиолокационных радиоприемных устройств</p>						2		
<p>7. Развитие теоретической базы техники радиоприема. Повышение помехоустойчивости.</p> <p>Освоение новых диапазонов электромагнитных и акустических волн.</p> <p>Расширение применения цифровой обработки сигнала в устройствах для приема и обработки сигналов.</p> <p>Комплексная автоматизация УПиПС.</p> <p>Применение новой элементной базы в устройствах для УПиПС</p>	2							

8. Тенденции и перспективы развития теории и техники приема и преобразования сигналов. Автоматизация проектирования и испытаний УПиПС							2	
Всего	36				36		36	

## 4 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 4.1 Печатные и электронные издания:

1. Подлесный С. А., Зандер Ф. В. Устройства приема и обработки сигналов: учебное пособие для студентов вузов(Красноярск: СФУ).
2. Колосовский Е.А. Устройства приема и обработки сигналов: Рекомендовано УМО по образованию в области радиотехники, электроники, биомедицинской техники и автоматизации в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности "Радиотехника" направления подготовки дипломированных специалистов "Радиотехника"(Москва: Горячая линия - Телеком).
3. Зандер Ф. В., Подлесный С. А., Ветров Ю. В., Груздев А. С., Волвенко С. В., Уланов А. М., Макаров С. Б., Исаев В. В., Шипицин А. А., Коваленок В. И., Худоногов Д. Ю., Тронин О. А. Устройства приема и обработки сигналов: электрон. учеб.-метод. комплекс дисциплины (Красноярск: ИПК СФУ).
4. Подлесный С. А., Зандер Ф. В. Устройства приема и обработки сигналов: электрон. учеб. пособие(Красноярск: ИПК СФУ).
5. Дашкова А.К., Зандер Ф. В. Устройства приема и обработки сигналов: учеб.-метод. пособие для самостоят. работы и лаб. практикума [для студентов программы подг. 210400.68 «Радиотехника»](Красноярск: СФУ).
6. Подлесный С. А., Зандер Ф. В. Устройства приема и обработки сигналов: учеб.-метод. пособие [для студентов программы подг. 210400.68 «Радиотехника»](Красноярск: СФУ).
7. Дашкова А. К., Зандер Ф. В. Устройства приема и обработки сигналов: учеб.-метод. пособие для самостоят. работы и лаб. практикума для студентов программы подг. 210400.68 «Радиотехника»(Красноярск: СФУ).
8. Гребенников А. В., Зандер Ф. В., Тронин О. А. Устройства приема и обработки сигналов: учеб.-метод. пособие [для самостоят. работы студентов спец. 210302.65 «Радиотехника» и 210303.65 «Бытовая радиоэлектронная аппаратура» заоч. формы обучения](Красноярск: СФУ).

### 4.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства (программное обеспечение, на которое университет имеет лицензию, а также свободно распространяемое программное обеспечение):

1.	Разработчик программы	Название программного
2. 1	MathSoft	MathCad-2003(11–13)
3. 2	Cadence	OrCAD 9.2, OrCAD 16.0
4. 3	Altium	Protel DXP, Altium Designer

### **4.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы:**

1. Библиотека СФУ (bik.sfu-kras.ru)
2. <http://ibooks.ru/>.

### **5 Фонд оценочных средств**

Оценочные средства находятся в приложении к рабочим программам дисциплин.

### **6 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Автоматизированные лабораторные практикумы с удаленным доступом:

АЛП УД «Исследование входной цепи»

АЛП УД «Исследование усилителей радиосигнала»

АЛП УД «Исследование частотного детектора»

АЛП УД «Исследование системы АРУ»

АЛП УД «Исследование системы ФАПЧ»

АЛП УД «Исследование системы ЧАПЧ»

Автоматизированные лабораторные стенды:

Изучение входной цепи.

Изучение усилителей радиосигнала.

Изучение преобразователей частоты.

Изучение детекторов АМ-сигналов.

Изучение детекторов ЧМ-сигналов.

Изучение системы АРУ.

Изучение системы ФАПЧ.

Изучение системы ЧАПЧ.

Неавтоматизированные лабораторные стенды:

Входная цепь.

Усилители радиосигнала.

Усилители промежуточной частоты.

Преобразователи частоты.

Детекторы АМ-сигналов.

Детекторы ЧМ-сигналов.

Система АРУ.

Система ФАПЧ.

Образцы радиоприемных устройств 1930–1990-х годов выпуска – 10 видов.

Комплекты динамических и статических видеоматериалов, включенных в электронный учебно-методический комплекс.

Презентация дисциплины – слайдовая презентация динамических и статических видеоматериалов.

Электронные уроки по освоению методики автоматизированного проектирования электронных средств в системе программных продуктов САПР «Protel–Компас».