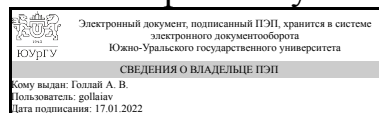


# ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института  
Высшая школа электроники и  
компьютерных наук



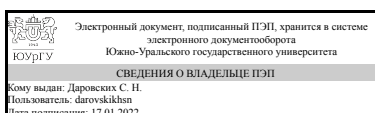
А. В. Голлай

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины** 1.Ф.П1.09 Приемно-передающие устройства радиоэлектронных средств  
**для направления** 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи  
**уровень** Бакалавриат  
**профиль подготовки** Коммуникационные технологии и интеллектуальная обработка данных  
**форма обучения** очная  
**кафедра-разработчик** Инфокоммуникационные технологии

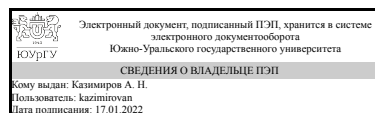
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи, утверждённым приказом Минобрнауки от 19.09.2017 № 930

Зав.кафедрой разработчика,  
д.техн.н., доц.



С. Н. Даровских

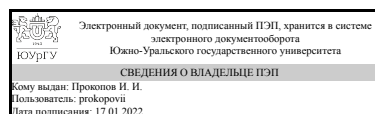
Разработчик программы,  
к.техн.н., доцент



А. Н. Казимиров

СОГЛАСОВАНО

Руководитель образовательной  
программы



И. И. Прокопов

## 1. Цели и задачи дисциплины

Подготовка студента к решению типовых задач, связанных с применением технологии программно-конфигурируемого радио (ПКР или SDR, от англ. Software Defined Radio), в частности, архитектура приёмного и передающего оборудования SDR, интеграция программных и аппаратных комплексов, которые широко используются или только внедряются в современных инфокоммуникационных системах. Задача освоения дисциплины – подготовка профессионалов, способных решать задачи, связанные с разработкой, внедрением и эксплуатацией перспективных устройств и систем связи на основе технологии программно-определяемого радио.

## Краткое содержание дисциплины

Дисциплина посвящена основам построения радиоканала на основе технологии программно-конфигурируемого радио. Рассмотрены варианты функциональных схем трансивера, которые потенциально обеспечивают выполнение основных требований программно-конфигурируемого радио – работа в сверхширокой полосе частот вне зависимости от ширины канала, типа модулированного сигнала и скорости передачи информации при условии выполнения требований стандартов электромагнитной совместимости. Представлены основы работы компонентов аппаратной части трансивера для программно-конфигурируемого радио, таких как широкополосный линейаризованный усилитель мощности, модулятор/демодулятор, фильтры, элементы антенно-фидерного тракта. Приведены базовые алгоритмы программной поддержки основных функциональных элементов радиоканала. Показаны результаты аналитических расчетов и цифрового моделирования приемника RTL-SDR с однократным преобразованием частоты и нулевой промежуточной частотой, который в наибольшей степени удовлетворяет требованиям технологии программно-конфигурируемого радио.

## 2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-2 Способностью осуществлять мониторинг состояния и проверку качества работы, проведение измерений и диагностику ошибок и отказов радио оборудования, сетевых устройств программного обеспечения инфокоммуникаций	Знает: методику и средства измерений, используемые для контроля качества работы оборудования, трактов и каналов передачи, программное обеспечение оборудования, документация по системам качества работы устройств РЭС. Умеет: анализировать состояние и устанавливать соответствие параметров работы радиопередающих устройств РЭС действующим отраслевым нормативам. Имеет практический опыт: управления, навыками построения моделей

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин,	Перечень последующих дисциплин,
------------------------------------	---------------------------------

видов работ учебного плана	видов работ
Программирование на языке Python, Метрология и электрорадиоизмерения, Перспективные технологии беспроводных локальных сетей	Устройства сверхвысокой частоты (СВЧ) и антенны, Основы радиофотоники, Стандарты и технологии систем мобильной связи

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Дисциплина	Требования
Перспективные технологии беспроводных локальных сетей	Знает: Принципы организации сетей датчиков и исполнительных устройств интернета вещей, Существующие и перспективные стандарты и протоколы информационного обмена в области интернета вещей Умеет: Проводить оценку качества работы аппаратно-программного комплекса интернета вещей, Выполнять настройку и проверку работоспособности аппаратного обеспечения интернета вещей Имеет практический опыт: Владения современным программным обеспечением, используемым в интернете вещей, владения навыками монтажа и сдачи в эксплуатацию базовых станций и конечных устройств интернета вещей
Метрология и электрорадиоизмерения	Знает: требования стандартизации, метрологического обеспечения при разработке и эксплуатации электронных средств; технические средства измерений, их метрологические характеристики, правила поверок; принципы и методы измерений; принципы построения и особенности средств измерений основных электрических величин; принципы построения цифровых средств измерений и контроля. Структуру и принципы работы измерительных устройств. Методы получения экспериментальных данных. Умеет: подбирать средства измерений по условиям предстоящих измерительных задач; выполнять измерения различных электрических и радиотехнических величин, оформлять протокол эксперимента в установленной форме; вести обработку экспериментальных данных с целью повышения точности конечного результата Имеет практический опыт: Владения методами работы с измерительными приборами; приемами определения погрешностей в типовых ситуациях измерений
Программирование на языке Python	Знает: основные концепции структурного программирования, а также основные компоненты современной среды программирования Умеет: применять

	методологию структурного программирования для решения задач, использовать современную среду программирования для создания и отладки программ Имеет практический опыт: решения простых задач с использованием парадигмы структурного программирования и современной среды программирования
--	---

#### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч., 56,5 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		7	
Общая трудоёмкость дисциплины	108	108	
<i>Аудиторные занятия:</i>	48	48	
Лекции (Л)	16	16	
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	16	16	
Лабораторные работы (ЛР)	16	16	
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	51,5	51,5	
с применением дистанционных образовательных технологий	0		
Подготовка к практическим занятиям.	19,5	19.5	
1. Подготовка к лабораторному исследованию: изучение теоретических сведений. 2. Выполнение отчетов по лабораторным исследованиям. Расчеты на основе результатов исследований. Представление результатов исследований в виде таблиц, графиков, схем. 3. Подготовка к защите отчета о лабораторных исследованиях после его проверки преподавателем.	32	32	
Консультации и промежуточная аттестация	8,5	8,5	
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	экзамен	

#### 5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Понятие программно-конфигурируемого радио	6	2	2	2
2	Архитектура радиостанции ПКР	4	2	2	0
3	Базовые компоненты программно-конфигурируемого радио. Приемник программно-конфигурируемого радио.	14	4	4	6
4	Базовые компоненты программно-конфигурируемого радио. Передатчик программно-конфигурируемого радио	14	4	4	6
5	Цифровое представление модулированного сигнала	10	4	4	2

##### 5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Понятие программно-конфигурируемого радио. Обоснована практически реализуемая передача, прием и обработка сигналов в программном виде на нулевой/промежуточной (04 или Base-band/ПЧ или IF, InterMediate Frequency) частоте с последующим аппаратным переносом на промежуточную и/или радиочастоту (РЧ или RF, Radio Frequency). На сегодняшний день развитие программно-аппаратных средств ПКР позволяет говорить о возможностях программной обработки сигналов непосредственно на несущей частоте радиосигнала за счет высокоскоростных АЦП, но это пока единичные приложения, где стоимость и энергопотребление не являются препятствием.	2
2	2	Параметры радиостанции ПКР. Идеальная радиостанция ПКР.	2
3	3	Базовые компоненты программно-конфигурируемого радио.	2
4	3	Приемник с ненулевой промежуточной частотой. Приемник с нулевой промежуточной частотой	2
5	4	Передатчик с ненулевой промежуточной частотой. Передатчик с нулевой промежуточной частотой.	2
6	4	Радиочастотные модули программно-конфигурируемого радио. Усилитель мощности	2
7	5	Комплексные сигналы и спектры. Квадратурная модуляция и демодуляция.	4

## 5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Программная реализация функций по обработке сигналов и программное управление обеспечивают кардинальное повышение функциональных возможностей радиостанции путем поддержки работы в различных диапазонах и стандартах связи, что реализуется посредством так называемого модельно-ориентированного проектирования (МОП).	2
2	2	Современные тенденции применения ПКР. Эволюция радиостанций ПКР	2
3	3	Анализ структуры радиоприемника RTL-SDR	2
4	3	Параметры блока RTL-SDR Receiver	2
5	4	Базовые компоненты программно-конфигурируемого радио	2
6	4	Радиочастотные модули программно-конфигурируемого радио	2
7	5	Квадратурный модулятор.	2
8	5	Квадратурный демодулятор.	2

## 5.3. Лабораторные работы

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание лабораторной работы	Кол-во часов
1	1	Интерфейс устройства RTL-SDR.	2
2	3	Анализ спектра устройством RTL-SDR	4
3	3	Автоматическая регулировка усиления	2
4	4	Исследование транзисторного генератора с внешним возбуждением	2
5	4	Исследование методов формирования сигналов с амплитудной модуляцией	2
6	4	Исследование цифрового синтезатора частоты с ФАПЧ	2
7	5	Реализация АМ приемника на RTL-SDR.	2

## 5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Подготовка к практическим занятиям.	Software Defined Radio using MATLAB & Simulink and the RTL-SDR ( <a href="https://www.desktopsdr.com">https://www.desktopsdr.com</a> )	7	19,5
1. Подготовка к лабораторному исследованию: изучение теоретических сведений. 2. Выполнение отчетов по лабораторным исследованиям. Расчеты на основе результатов исследований. Представление результатов исследований в виде таблиц, графиков, схем. 3. Подготовка к защите отчета о лабораторных исследованиях после его проверки преподавателем.	1. Software Defined Radio using MATLAB & Simulink and the RTL-SDR ( <a href="https://www.desktopsdr.com">https://www.desktopsdr.com</a> ) 2. УСТРОЙСТВА ПРИЕМА И ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ.PDF 3. УСТРОЙСТВА ГЕНЕРИРОВАНИЯ И ФОРМИРОВАНИЯ РАДИОСИГНАЛОВ.PDF	7	32

## 6. Текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

### 6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

№ КМ	Се-местр	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учитывается в ПА
1	7	Текущий контроль	Практические занятия	1	10	1. не правильно выполнен ответ и расчет на практическое задание, не четко и не убедительно дан ответ на задание, неверные формулировки, отсутствует представление о вопросе - 0 баллов (неудовлетворительно); 2. не полностью дан ответ или неточности в расчетах на практическое задание, слабо аргументирован и не убедительно дан ответ на задание, хотя и имеется какое-то представление о вопросе – 6 баллов (удовлетворительно); 3. в ответе и расчете на практическое задание имеются недочеты; не достаточно логично и убедительно дан ответ на задание, в расчетах имеются погрешности, но в целом задача решена правильно –7 - 8 баллов (хорошо); 4. ответ и расчет на практическое задание дан правильно, полно и аргументировано, продемонстрированы знание вопроса и сделаны правильные выводы – 9 - 10	экзамен

						баллов (отлично).	
2	7	Текущий контроль	Лабораторные занятия	1	43	<p>№ Формулировка критерия Шкала оценки Максимальный балл по критерию</p> <p>1 Прохождение студентами инструктажа по технике безопасности при выполнении лабораторной работы. Студент ознакомился с инструкцией по технике безопасности при выполнении работ в лаборатории. Ответил на вопрос о технике безопасности при работе на стенде и с измерительными приборами. 1</p> <p>2 Выполнение на стенде в лаборатории необходимых электрических соединений, подключение измерительных приборов, осциллографа в соответствии с методическими указаниями к лабораторной работе. Все необходимые электрические соединения, подключение измерительных приборов и осциллографа выполнены самостоятельно и в соответствии с электрической схемой – 1 балл. 1</p> <p>№ Формулировка критерия Шкала оценки Максимальный балл по критерию</p> <p>3 Выполнение студентом лабораторной работы на стенде в лаборатории кафедры «Инфокоммуникационные технологии». Выполнены на стенде эксперименты в соответствии с методическими указаниями по всем 3 пунктам программы исследований – 18 баллов.</p> <p>Выполнены на стенде эксперименты в соответствии с методическими указаниями по 2 пунктам программы исследований – 12 балла.</p> <p>Выполнены на стенде эксперименты в соответствии с методическими указаниями 1 пункта программы исследований – 6 балл.</p> <p>Оценка экспериментов в каждом пункте программы исследований: подготовка стенда к проведению исследований в соответствии с методическими указаниями – 2 балла; включение и подготовка электронно-лучевого осциллографа к работе – 1 балл; Выполнение измерений и фиксация результатов в соответствии с методическими указаниями – 3 балла.</p> <p>Всего – 6 баллов. Эксперименты не проведены, результаты измерений отсутствуют – 0 баллов за один пункт программы исследований. 18</p> <p>№ Формулировка критерия Шкала оценки Максимальный балл по критерию</p> <p>4 Выполнение студентом отчета по лабораторной работе. Содержание отчета:</p>	экзамен

					<p>Принципиальная схема макета – 1 балл.</p> <p>Таблицы экспериментальных данных и временные диаграммы, соответствующие одному пункту программы исследований – 2 балла за один пункт. Ошибочные данные и диаграммы – 0 баллов. Графики экспериментальных зависимостей, соответствующие одному пункту программы исследований – 2 балла за один пункт. Графики не соответствующие экспериментальным данным исследований – 0 баллов за один пункт.</p> <p>Выполнение требуемых расчетов в соответствии с одним пунктом программы исследований – 1 балл за один пункт.</p> <p>Выводы в соответствии с одним пунктом программы исследований – 1 балл за один пункт. 19</p> <p>5 Защита студентом отчета по лабораторной работе. Защита проводится в лаборатории кафедры «Инфокоммуникационные технологии», каждым студентом индивидуально по содержанию отчета и одному вопросу из списка контрольных вопросов, приведенных в методических указаниях. Студент объясняет результаты исследований, графики и расчеты по одному из выполненных пунктов программы исследований – 1 балл за один пункт. Студент не дает пояснений к результатам исследований, графикам и расчетам - 0 баллов за один пункт. Отвечает на контрольный вопрос, опираясь на теоретические сведения из методических указаний и результаты проведенных исследований – 1 балл. Нет ответа на контрольный вопрос – 0 баллов за один пункт. 4</p> <p>Итого (максимальный балл за задание) 43</p>		
3	7	Промежуточная аттестация	Экзамен.	-	40	<p>Отлично: Подробный и правильный ответ с комментариями, схемами, графиками, необходимыми формулами – 30-40 баллов.</p> <p>Хорошо: Правильный ответ с комментариями, но недостаточны схемы, графики, необходимые формулы – 20-29 баллов.</p> <p>Удовлетворительно: Правильный ответ с недостаточными комментариями, схемами, графиками, необходимыми формулами – 10-19 баллов.</p> <p>Неудовлетворительно: Ошибочный ответ с неверными или отсутствующими комментариями, схемами, графиками, необходимыми формулами – 0-9 баллов.</p>	экзамен



## 6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
экзамен	Экзамен проводится в соответствии с регламентом промежуточной аттестации. Студент отвечает на вопросы билета. В дистанционном режиме: Регламент промежуточной аттестации с использованием электронного обучения, дистанционных образовательных технологий в соответствии с приказом ректора от 21.04. 2020 №80. Экзамен проводится согласно расписанию экзаменационной сессии. Допуском к экзамену является выполнение мероприятий текущего контроля. Экзамен проводится по билетам, в каждом из которых теоретический и практический вопросы. Оценка носит комплексный характер: учитывает результаты текущего контроля и ответа на билет. Преподаватель вправе повысить значение с учетом результатов текущего контроля знаний и рейтинговой оценки деятельности студента (бонус) в течение периода изучения дисциплины.	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

## 6.3. Оценочные материалы

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ		
		1	2	3
ПК-2	Знает: методику и средства измерений, используемые для контроля качества работы оборудования, трактов и каналов передачи, программное обеспечение оборудования, документация по системам качества работы устройств РЭС.	+	+	+
ПК-2	Умеет: анализировать состояние и устанавливать соответствие параметров работы радиопередающих устройств РЭС действующим отраслевым нормативам.	+	+	+
ПК-2	Имеет практический опыт: управления, навыками построения моделей	+	+	+

Фонды оценочных средств по каждому контрольному мероприятию находятся в приложениях.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Печатная учебно-методическая документация

#### а) основная литература:

1. Колосовский, Е. А. Устройства приема и обработки сигналов [Текст] учеб. пособие для вузов по специальности 200700 "Радиотехника" направления 654200 "Радиотехника" Е. А. Колосовский. - М.: Горячая линия-Телеком, 2007
2. Радиопередающие устройства [Текст] учеб. для электротехн. ин-тов связи Б. П. Терентьев и др.; под ред. Б. П. Терентьева. - М.: Связь, 1972. - 456 с. черт.
3. Радиопередающие устройства Учеб. для вузов по спец. "Радиосвязь, радиовещание и телевидение". - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Радио и связь, 1990. - 431 с. ил.

#### б) дополнительная литература:

1. Известия высших учебных заведений. Радиоэлектроника науч. техн. журн. М-во обр. и науки Украины, Киев. политехн. ин-т журнал. - Киев, 1967-
2. Успехи современной радиоэлектроники междунар. науч.-техн. журн. Рос. НТО радиотехники, электроники и связи им. А. С. Попова журнал. - М., 1947-
3. Нефедов, Е. И. Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства [Текст] учеб. пособие для вузов Е. И. Нефедов. - М.: Академия, 2010. - 316, [1] с. ил., табл.
4. Южно-Уральский государственный университет (ЮУрГУ) Челябинск Вестник Южно-Уральского государственного университета Юж.-Урал. гос. ун-т; ЮУрГУ журнал. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2001-

в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:

1. Радиотехника и электроника ежемес. журн. Рос. акад. наук, Отделение общ. физики и астрономии, Ин-т радиотехники и электроники РАН, Науч.-техн. центр "Форум-НТ" журнал. - М.: Наука, 1957-
2. Реферативный журнал. Электросвязь. 64. [Текст] предм. указ. Акад. наук СССР, Всесоюз. ин-т науч. и техн. информ. (ВИНИТИ) реферативный журнал. - М.: ВИНИТИ, 1967-1987

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. УСТРОЙСТВА ГЕНЕРИРОВАНИЯ И ФОРМИРОВАНИЯ РАДИОСИГНАЛОВ
2. УСТРОЙСТВА ПРИЕМА И ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. УСТРОЙСТВА ГЕНЕРИРОВАНИЯ И ФОРМИРОВАНИЯ РАДИОСИГНАЛОВ
2. УСТРОЙСТВА ПРИЕМА И ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ

### Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Дворников, С. В. Устройства приема и обработки сигналов : учебник / С. В. Дворников, А. Ф. Крячко, С. В. Мичурин. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 512 с. — ISBN 978-5-8114-4243-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/133898">https://e.lanbook.com/book/133898</a>
2	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Гарматюк, С. С. Задачник по устройствам генерирования и формирования радиосигналов : учебное пособие / С. С. Гарматюк. — Москва : ДМК Пресс, 2012. — 672 с. — ISBN 978-5-94074-796-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/4146">https://e.lanbook.com/book/4146</a>
3	Основная	Электронно-	Галкин, В. А. Основы программно-конфигурируемого радио

	литература	библиотечная система издательства Лань	: монография / В. А. Галкин. — Москва : Горячая линия-Телеком, 2016. — 372 с. — ISBN 978-5-9912-0305-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/111042">https://e.lanbook.com/book/111042</a>
4	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Пуговкин, А. В. Основы построения инфокоммуникационных сетей и систем : учебное пособие для вузов / А. В. Пуговкин, Д. А. Покаместов, Я. В. Крюков. — 2-е изд., перераб. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 176 с. — ISBN 978-5-8114-5905-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/156402">https://e.lanbook.com/book/156402</a>

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Office(бессрочно)
2. Math Works-MATLAB, Simulink R2014b(бессрочно)
3. -Multisim(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

1. EBSCO Information Services-EBSCOhost Research Databases(бессрочно)
2. -База данных ВИНТИ РАН(бессрочно)

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Лабораторные занятия	211 (ПЛК)	Лабораторное оборудование по курсу "Приемно-передающие устройства радиоэлектронных средств"
Лекции	405 (ПЛК)	Компьютер, проектор, экран.
Практические занятия и семинары	407 (ПЛК)	Компьютеры. Электронная интерактивная доска.