

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Физико-технический факультет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе,
качеству образования – первый
проректор

подпись

31 мая 2024 года



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.В.ДВ.01.03.07 ТЕХНОЛОГИИ SDR

(код и наименование дисциплины в соответствии с учебным планом)

Направление подготовки/специальность

03.03.03 Радиофизика

(код и наименование направления подготовки/специальности)

Направленность (профиль) / специализация

Физика и технология радиоэлектронных приборов и устройств

(наименование направленности (профиля) / специализации)

Форма обучения _____ очная

(очная, очно-заочная, заочная)

Квалификация _____ бакалавр

Краснодар 2025

Рабочая программа дисциплины Б1.В.ДВ.01.03.07 «Технологии SDR» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 03.03.03 «Радиоизика»

Программу составил(и):

К.С. Коротков, доктор. физ.-тех. наук,
профессор кафедры радиофизики и нанотехнологий



подпись

Рабочая программа дисциплины «Квантовая радиофизика» утверждена на заседании кафедры радиофизики и нанотехнологий
протокол № «7» 16.04.2025 г.

И.О Заведующего кафедрой

Доктор физ.-мат. наук, доцент.

Строганова. Е.В.

фамилия, инициалы



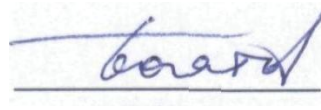
Утверждена на заседании учебно-методической комиссии физико-технического факультета
протокол № «11» 21.04.2025 г.

Председатель УМК факультета

Богатов

Н.М.

фамилия, инициалы



Рецензенты:

Исаев В.А., д-р физ.-мат. наук, профессор кафедры теоретической физики и компьютерных технологий ФГБОУ ВО «КубГУ»

Шевченко А.В., канд. физ.-мат. наук, ведущий специалист ООО «Южная аналитическая компания»

1 Цели и задачи изучения дисциплины (модуля)

1.1 Цель освоения дисциплины

Учебная дисциплина «Технология SDR» ставит своей целью получение студентами теоретических знаний, практических умений и навыков по принципам и физическим основам работы с программно-определяемыми радиоустройствами различных видов, умений необходимых и достаточных для осуществления всех видов профессиональной деятельности, предусмотренной образовательным стандартом.

Функционирование современных телекоммуникаций, сканирующих систем невозможно без SDR-систем благодаря большому спросу на современное телекоммуникационное оборудование, имеющее широкие возможности настройки. Технология SDR позволяет программно устанавливать и изменять рабочие радиочастотные параметры оборудования, такие как диапазон частот, тип модуляции и др. Она характеризуется следующими возможностями: визуализация спектра, принимаемого сигналов в реальном времени, применение различных программных настраиваемых фильтров в радиосистеме, реализация функционала для измерений уровня сигнала, настройка приема/передачи разных модуляций в одной радиосистеме без внесения конструктивных изменений. Однако основное преимущество SDR-системы - ее универсальность. Данное направление значительно упрощает изучение форматов модуляции и кодировок радиосигналов, что необходимо для специалистов направления подготовки 03.03.03 «Радиофизика».

1.2 Задачи дисциплины

Основными задачами дисциплины являются изучение студентами основ принципов работы, физики процессов, режимов и условий работы, параметров, характеристик и типов SDR устройств, функциональных схем программно-определяемых приемников радиосигналов, областей их применения, а также приобретения студентами умений и навыков по практической работе с SDR устройствами.

1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Технология SDR» для бакалавриата по направлению подготовки 03.03.03 «Радиофизика» относится к учебному циклу «Часть, формируемая участниками образовательных отношений».

Дисциплина базируется на знаниях, полученных по базовым дисциплинам учебного плана «теория электрических цепей», «Спектральный анализ сигналов» и «Распространение электромагнитных волн (Физика волновых процессов)», и является одной из основ для изучения дисциплин по образовательным модулям «Системы радиосвязи и радиодоступа», «Навигационные системы и системы связи для беспилотных авиационных систем (БАС)».

Знания, приобретенные в процессе прохождения курса, необходимы для получения базового уровня в понимании физики беспроводной процессов передачи данных, принципов работы усилителей и антенн для разных диапазонов частот с использованием программно-определяемого радио.

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

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование индикатора*	Результаты обучения по дисциплине (<i>знает, умеет, владеет (навыки и/или опыт деятельности)</i>)
ПК-1 Способен применять современные теоретические и экспериментальные методы исследований с целью создания новых перспективных средств для систем передачи информации	
ПК-1.1. Владеет современными информационными системами и технологиями с целью моделирования сложных технических систем	Знает принципы проектирования и моделирования компонентной базы, создания печатных плат и модулей SDR приемопередатчиков применяемых в БАС системах

Код и наименование индикатора*	Результаты обучения по дисциплине (<i>знает, умеет, владеет (навыки и/или опыт деятельности)</i>)
	Умеет правильно выстроить концепцию и логику применения SDR устройств, модулей для создания устройств программно-определяемого радио Владеет необходимыми навыками представления технологических процессов для создания интегральных микросхем связи БАС систем
ПК-1.2. Способен применять современное материально-техническое оборудование для исследовательских целей	Знает набор аппаратных и программных технологий, позволяющих создавать аппаратуру с реконфигурируемой архитектурой для беспроводных сетей передачи информации, включая оконечное оборудование БАС.
	Уметь собирать (переконфигурировать) реконфигурируемую аппаратуру под заданную архитектуру цифровой обработки программно-определяемой радиосистемы для беспроводных сетей передачи информации.
	Владеть методами приемами реконфигурирования аппаратуры под заданную архитектуру цифровой обработки программно-определяемой радиосистемы для беспроводных сетей передачи информации в системах БАС
ПК-3 Способен к эксплуатации и техническому обслуживанию сложных функциональных узлов радиоэлектроники	
ПК-3.1. Осуществляет тестирование работы сложных функциональных узлов радиоэлектронной аппаратуры	Знать методы тестирования создания/формирования приемных трактов программно-определяемой радиосистемы под известные виды модуляций с заданными параметрами с использованием визуальной среды GNU Radio Companion или её аналогов.
	Умеет создавать/формировать приемный тракт радиосистемы с частичной аппаратной ЦОС-обработкой с перегружаемыми параметрами у интегрально-гребенчатых фильтров и RCF фильтров (фильтров с конечной импульсной характеристикой, параметры которой хранятся на внутрикристальной памяти) под известные виды модуляций с заданными параметрами.
	Способен на практике создавать приемный тракт радиосистемы на микросхемах ПЛИС с созданием всех необходимых узлов цифрового приемника под известные виды модуляций с заданными параметрами с помощью среды разработки/синтеза схем Quartus или ее аналогов.
ПК-3.2. Осуществляет диагностику технического состояния сложных функциональных узлов радиоэлектронной аппаратуры	Знает методы диагностики программно-определяемых систем дистанционного управления БПЛА. Стандарты связи, протоколы связи, программное обеспечение пультов дистанционного управления.
	Уметет осуществлять диагностику технического состояния узлов и отдельных элементов пульта дистанционного управления и наземной станции с использованием SDR
	Владеет навыками оценки эффективности работоспособности оборудования, побывавшего в зоне работы средства борьбы с БПЛ, подвергшимся радиочастотным помехам или направленного СВЧ излучения

**Вид индекса индикатора соответствует учебному плану.*

Результаты обучения по дисциплине достигаются в рамках осуществления всех видов контактной и самостоятельной работы обучающихся в соответствии с утвержденным учебным планом.

Индикаторы достижения компетенций считаются сформированными при достижении соответствующих им результатов обучения.

2. Структура и содержание дисциплины

2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы (72 часа), их распределение по видам работ представлено в таблице

Виды работ		Всего часов	Форма обучения			
			очная		очно-заочная	заочная
			7 семестр (часы)	8 семестр (часы)	X семестр (часы)	X курс (часы)
Контактная работа, в том числе:				22.2		
Аудиторные занятия (всего):				22		
занятия лекционного типа				10		
лабораторные занятия				12		
практические занятия						
семинарские занятия						
Иная контактная работа:						
Контроль самостоятельной работы (КСР)						
Промежуточная аттестация (ИКР)				0,2		
Самостоятельная работа, в том числе:				49.8		
Курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)						
Контрольная работа						
Расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)						
Реферат/эссе (подготовка)						
Самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиумам и т.д.)				49.8		
Подготовка к текущему контролю						
Контроль:						
Подготовка к экзамену						
Общая трудоемкость	час.	72		72		
	в том числе контактная работа					
	зач. ед			2		

2.2 Содержание дисциплины

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.

Разделы (темы) дисциплины, изучаемые в 8 семестре

№	Наименование разделов (тем)	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеауди- торная работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1.	Программно-определяемые радиосистемы (SDR – software defined radio). Перепрограммируемые мульти-протокольные радиосистемы с использованием цифрового выделения квадратур. RTI SDR./MSI SDR.		2		2	9
2.	Цифровые приемники с программной и аппаратной обработкой: SDR-приемники и DSP-приемники. Примеры конкретных приемников и их структура.		2		2	8
3.	Программное обеспечение для конфигурации SDR-приемников и их использования для приема радиосигналов.SDR Angel, SDRuno, Gnuradio.		2		2	9
4.	Структура типичного цифрового приемника на базе готовых DSP-микросхем. Аналоговый предварительный каскад (преселектор). Программное обеспечение для конфигурации и использования DSP-приемников.		2		2	9
5.	Реализация узлов цифрового приемника на ПЛИС, CIC и FIR фильтры, блоки подключения к АЦП (DFE - Digital Front End).		2		2	8
6.	Реализация портативных передающих устройств, объединение SDR и Rasbery PI 5				2	8
	ИТОГО по разделам дисциплины	71,8	10		12	49.8
	Контроль самостоятельной работы (КСР)					
	Промежуточная аттестация (ИКР)	0,2				
	Подготовка к текущему контролю					
	Общая трудоемкость по дисциплине	72				

Примечание: Л – лекции, ПЗ – практические занятия / семинары, ЛР – лабораторные занятия, СРС – самостоятельная работа студента

Курсовой проект: не предусмотрен

Форма проведения аттестации по дисциплине: зачет

2.3 Содержание разделов (тем) дисциплины

2.3.1 Занятия лекционного типа

№	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма текущего контроля
1.	<i>Программно-определяемые радиосистемы (SDR – software defined radio). Перепрограммируемые мультипротокольные радиосистемы с использованием цифрового выделения квадратур. RTI SDR./MSI SDR.</i>	Программно-определяемые радиосистемы (SDR - software defined radio). Перепрограммируемые мульти-стандартные радиосистемы с использованием цифровой промежуточной частоты. Концепция SDR - передача значительных объемов сигнальной обработки процессору общего назначения. Возможности современных процессоров общего назначения для обработки широкополосных сигналов УВЧ диапазона. Применение SDR-радиосистем как инструмента оптимального использования частотного диапазона (преодоления "ограниченного" спектра) с помощью: технологий широкополосного радиосигнала с размытым спектром и сверхширокополосных спектров; программного задания направления приема на антенном массиве (алгоритмы умной антенны и пространственной селекции помех); методов когнитивного радио; динамической регулировки мощности передатчика; создания интеллектуальной беспроводной сети ретранслирующих узлов с минимальной длиной и мощностью. WEB SDR-приемники.	РГЗ

2.	<i>Цифровые приемники с программной и аппаратной обработкой: SDR-приемники и DSP-приемники. Примеры конкретных приемников и их структура.</i>	Цифровые приемники с программной и аппаратной обработкой: SDR-приемники и DSP-приемники. Примеры конкретных приемников и их структура. Цифровые приемники с программной и аппаратной обработкой: SDR-приемники и DSP-приемники. Примеры конкретных приемников и их структура. Airspy, SDRplay, Ettus B200/B210, BladeRF, LimeSDR и трансиверы HackRF, SDR-1000 (FlexRadio Systems). Процессорные модули ADP/DSP и субмодули цифрового приема ADMDDC (АО "ИнСис")	ЛР
3.	<i>Программное обеспечение для конфигурации SDR-приемников и их использования для приема радиосигналов. SDR Angel, SDRuno, Gnuradio.</i>	Программное обеспечение для конфигурации SDR-приемников и их использования для приема радиосигналов. Программное обеспечение для конфигурации и использования SDR. GNU Radio и его графы потока управления. Визуальная среда GNU Radio Companion (GRC). Основные блоки обработки сигналов - фильтры, элементы синхронизации, эквалайзеры, демодуляторы, декодеры, вокодеры. Область применения GRC: функционально сложные SDR, измерительные комплексы, DSP, цифровые фильтры, WEB-SDR, декодировать сложные сигналы (например изображения со спутников NOAA)	ЛР
4.	<i>Структура типичного цифрового приемника на базе готовых DSP-микросхем. Аналоговый предварительный каскад (преселектор). Программное обеспечение для конфигурации и использования DSP приемников.</i>	Структура типичного цифрового приемника на базе готовых DSP-микросхем. Аналоговый предварительный каскад (преселектор). Программное обеспечение для конфигурации и использования DSP-приемников. Структура типичного цифрового приемника с перегружаемыми параметрами фильтров. Аналоговый предварительный каскад (AFE - analog front-end или RF front-end). Цифровой квадратурный гетеродин. Передискретизирующий интегрально-гребенчатый фильтр (CIC-фильтр cascaded integral-comb filters). Фильтр с конечной импульсной характеристикой, параметры которой хранятся на внутрикристалльной памяти (RCF – RAM Coefficient FIR фильтр). Дециматор. Примеры интегрального исполнения AD6620/AD6634/AD6635/AD6652, HSP50016, GC4016, 1288XK1T	ЛР
5.	<i>Реализация узлов цифрового приемника на ПЛИС, CIC и FIR фильтры, блоки подключения к АЦП (DFE - Digital Front End).</i>	Реализация узлов цифрового приемника на ПЛИС: CIC и FIR фильтры, блоки подключения к АЦП (DFE - Digital Front End). Реализация узлов цифрового приемника на ПЛИС: CIC и FIR фильтры, блоки подключения к АЦП (DFE – Digital Front End). Цифровой квадратурный гетеродин. Передискретизирующий интегрально-гребенчатый фильтр (CIC-фильтр cascaded integral-comb filters). Фильтр с конечной импульсной характеристикой, параметры которой хранятся на внутрикристалльной памяти (RCF - RAM Coefficient FIR фильтр). Дециматор. Практическая регистрация сигналов различных радио-протоколов с помощью цифрового приемника. Регистрация сигналов различных радио-протоколов с помощью цифрового приемника. Прием на различные цифровые приемники (процессорные модули АО "ИнСис", а также на простейшие RTL-SDR приемники) сигналы различных протоколов. В качестве источника сигналов используются как специализированные генераторы, а также радиосигналы, принимаемые на антенну.	ЛР

2.3.2 Занятия семинарского типа (лабораторные работы) - не предусмотрены

2.3.3 Лабораторные занятия

№	Наименование раздела	Наименование лабораторных работ	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1.	1	Знакомство с интерфейсом программы GNU Radio предназначенной для блочного моделирования радиотехнических схем	отчет по лабораторной работе
2.	2	Создание визуального устройство передачи FM-сигнала, расчёт его параметров и характеристик.	отчёт по лабораторным работам
3.	3	Сборка и программирование передатчика ASK модулированного сигнала. Создание визуального устройство приема ASK-сигнала, расчёт его параметров и характеристик.	отчёт по лабораторным работам
4.	4	Измерение характеристик фильтров с помощью RTL-SDR и источника шума	отчёт по лабораторным работам
5.	5	Измерение характеристик аттенуаторов с помощью RTL-SDR и источника шума	отчёт по лабораторным работам
6.	5	Цифровая модуляция QAM-M	отчёт по лабораторным работам

Проведение занятий лабораторного практикума предусмотрено в лабораториях «Лаборатория программно определяемых и измерительных устройств» (аудитория 121с), «Лаборатории связи» (ауд. 138С). В качестве лабораторного оборудования используются различные SDR приемники Airspy, SDRplay, Ettus B200/B210, BladeRF, LimeSDR и трансиверы HackRF, SDR-1000 (FlexRadio Systems). Процессорные модули ADP/DSP и субмодули цифрового приема ADMDDC (АО "ИнСис").

Проведение моделирования физических процессов и расчет генерационных параметров исследуемых образцов производится на персональных ЭВМ, оснащенных соответствующим лицензионным оборудованием

Защита лабораторной работы (ЛР), выполнение курсового проекта (КП), курсовой работы (КР), расчетно-графического задания (РГЗ), написание реферата (Р), эссе (Э), коллоквиум (К), тестирование (Т) и т.д.

При изучении дисциплины могут применяться электронное обучение, дистанционные образовательные технологии в соответствии с ФГОС ВО.

2.3.3 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Согласно учебному плану, курсовые работы (проекты) по данной дисциплине не предусмотрены

2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

№	Вид СРС	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	Проработка учебного (теоретического) материала	Кравченко В. М. Разбираемся с RTL-SDR на основе RTL2832 + R820T [Электронный ресурс] / В. М. Кравченко – URL: http://blog.kvv213.com/2016/02/razbiraemsysa-s-RTL-SDR-na-osnove-rtl2832-r820t/ . Laufer C. The Hobbyist's Guide to the RTL-SDR: Really Cheap Software Defined Radio / C. Laufer // RTLSDR. com. – 2021. – Т. 4. – 274 p.

		Бойко О. В. Исследование возможности построения системы мониторинга 2G–5G сетей на основе коммерческой SDR платформы/О. В. Бойко, Д. В. Журавлев, И. А. Сафонов // Радиолокация, навигация, связь: сборник трудов XXIV Международной научно-технической конференции (17–19 апреля 2018 г.). Т. 5. – Воронеж: ООО «Вэлборн», 2018. – С. 37–45. Бойко О. В. Система мониторинга подвижной радиосвязи 2G–4G сетей / О. В. Бойко, Д. В. Журавлев, И. А. Сафонов // Вестник Воронежского государственного технического университета. – № 4 (август 2018 г.). RTL-SDR and Computer Hardware Requirements [Электронный ресурс]. – URL: https://www.desktopsdr.com/hardware.
2	Подготовка к выполнению лабораторных работ	1. Галкин В. А. Основы программно-конфигурируемого радио. - М.: Горячая линия–Телеком, 2023. – 372 с. 2. Прототипирование программно-определяемых радиосистем с помощью NI LabVIEW// URL: (http://www.ni.com/pdf/manuals/376358a.pdf)

Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по темам программы для проработки теоретического материала

№	Наименование раздела	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1.	Все разделы	Блэк Б.А. Введение в системы радиосвязи. Лабораторные работы с NI USRP и LabVIEW Communications. NI 326348A-01, 2014. С. 10-12. Федосов, В. П., Нестеренко, А. К. Цифровая обработка сигналов в LabVIEW: учеб. пособие / под ред. В. П. Федосова. – М. : ДМК Пресс, 2007. – 456 с. Руководство по Visual System Simulator NI AWR Design Environment v14 Edition (https://awrcorp.com/download/kb.aspx?file=docs/VSS_Getting_Started_ru.pdf) Разевиг В.Д., Потапов Ю.В., Курушин А.А. Проектирование СВЧ-устройств с помощью Microwave Office. Под ред. В.Д. Разевига. – М.: СОЛОН-Пресс, 2003. – 496 с. Задорин А. С., Кузьменко И.Ю. Устройства приема и обработки дискретных и аналоговых сигналов. Методические указания по выполнению практических работ: учебно-методическое пособие – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2019. – 112 с.

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла,
- в печатной форме на языке Брайля.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

3. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины (модуля)

При изучении дисциплины проводятся следующие виды учебных занятий и работ: лекции, практические занятия, домашние задания, тестирование, защита лабораторных работ, консультации с преподавателем, самостоятельная работа студентов (изучение теоретического материала, подготовка к практическим занятиям, подготовка к лабораторным занятиям, выполнение домашних заданий, подготовка к тестированию и зачету).

Для проведения части лекционных занятий используются мультимедийные средства воспроизведения активного содержания (занятия в интерактивной форме), позволяющего студенту воспринимать особенности изучаемой дисциплины, играющие решающую роль в понимании и восприятии, а также в формировании профессиональных компетенций. По ряду тем дисциплины лекции проходят в классическом стиле. Студенту в режиме самостоятельной работы рекомендуется использовать литературу и просмотр видео по темам в сети Интернет.

При проведении практических занятий может использоваться доска, для расчетов и анализа данных могут применяться дополнительные справочные материалы. Предварительно изучая рекомендованную литературу, студенты готовятся к практическому занятию - анализируют предложенные в учебнике примеры решения задач. На практических занятиях учебная группа делится на подгруппы по 5-7 человека. Каждой подгруппе выдаются свои исходные данные к рассматриваемым на занятии задачам. Решение задачи группа оформляет на доске и публично защищает. При возникновении трудностей преподаватель помогает группам в достижении положительного результата. В ходе проверки промежуточных результатов, поиска и исправления ошибок, осуществляется интерактивное взаимодействие всех участников занятия.

При проведении лабораторных работ подгруппа разбивается на команды по 2-3 человека. Каждой команде выдается задание на выполнение лабораторной работы. Студенты самостоятельно распределяют обязанности и приступают к выполнению задания, взаимодействуя между собой. Преподаватель контролирует ход выполнения работы каждой группой. Уточняя ход работы, если студенты что-то выполняют неправильно, преподаватель помогает им преодолеть сложные моменты и проверяет достоверность полученных экспериментальных результатов. После оформления технического отчета команды отвечают на теоретические контрольные и дополнительные вопросы и защищают лабораторную работу.

Консультации проводятся раз в две недели для разъяснения проблемных моментов при самостоятельном изучении вопросов изучаемой дисциплины.

Таким образом, **основными образовательными технологиями, используемыми в учебном процессе, являются:** интерактивная лекция с мультимедийной системой и активным вовлечением студентов в учебный процесс; обсуждение сложных и дискуссионных вопросов и проблем и с последующим разбором этих вопросов на практических занятиях; лабораторные занятия – работа студентов в малых группах в режимах взаимодействия «преподаватель – студент»,

«студент – преподаватель», «студент – студент». При проведении практических и лабораторных учебных занятий предусмотрено развитие у обучающихся навыков командной работы, межличностной коммуникации, принятия решений и лидерских качеств.

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

Критерии оценивания результатов обучения

Критерии оценивания по зачету:

«зачтено»: студент владеет теоретическими знаниями по данному разделу, знает временные и пространственные свойства взаимной когерентности в процессе распространения сигнала, феноменологическая модель лазера, практическое использование и теоретическое описание спектроскопия когерентного рассеяния света, операторные уравнения электромагнитного поля, допускает незначительные ошибки; студент умеет правильно объяснять конструкционные параметры и физические принципы работы устройств, учитывающих временные и пространственные свойства когерентности в процессе распространения сигнала, иллюстрируя его примерами.

«не зачтено»: материал не усвоен или усвоен частично, студент затрудняется привести примеры по временным и пространственным свойствам когерентности в процессе распространения сигнала, довольно ограниченный объем знаний программного материала.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

– при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;

– при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

– при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

5. Перечень учебной литературы, информационных ресурсов и технологий

5.1. Учебная литература

1. Johnson P. New research lab leads to unique radio receiver. E-Systems Team. 1985;5(4):6–7. Available at: <http://chordite.com/team.pdf>

2. Бойко О. В., Журавлев Д. В., Сафонов И. А. Система мониторинга подвижной радиосвязи 2G-4G сетей. Вестник Воронежского государственного технического университета. 2018;14(4):117–121.

3. Кормильцев Н. В., Уваров А. Д. Имитация атаки на основе программно-определяемой радиосистемы в совместимых GSM сетях. В кн.: Наука, образование и инновации в современном мире: Материалы национальной науч.-практ. конф., г. Воронеж, 20–21 марта 2018 г. Воронеж: ВГАУ им. Императора Петра I; 2018. С. 170–177.
4. Бутусов А. Миллиард устройств Интернета вещей к 2025 году – ключевая цель стратегии АНО «Цифровая экономика». Режим доступа: <https://iot.ru/promyshlennost/milliard-ustroystv-interneta-veshchey-k-2025-godu-klyuchevaya-tsel-strategii-ano-tsifrovaya-ekonomik> (дата обращения: 21.11.2021).
5. Lu X., Ni L., Jin S., Wen C.-K., Lu W. SDR implementation of a real-time testbed for future multi-antenna smartphone applications. IEEE Access. 2017; 5:19761–19772. DOI: 10.1109/ACCESS.2017.2751622.
6. Ефимов С. Е., Степанов Н. В., Тюрликов А. М. Исследования LoRaWAN-коллизии сигналов с использованием SDR. В кн.: Волновая электроника и инфокоммуникационные системы: материалы 24-й Междунар. науч. конф., г. Санкт-Петербург, 31 мая – 4 июня 2021 г. СПб.: СПбГУАП; 2021. Ч. 3. С. 92–98.
7. Gavrilă C., Popescu V., Alexandru M., Murrone M., Sacchi C. An SDR-based satellite gateway for internet of remote things (IoRT) applications. IEEE Access. 2020; 8:115423115436. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.3004480.
8. Scalise S., Niebla C. P., De Gaudenzi R., Del Rio Herrero O., Finocchiario D., Arcidiacono A. S-MIM: a novel radio interface for efficient messaging services over satellite. IEEE Communications Magazine. 2013; 51(3):119–125. DOI: 10.1109/MCOM.2013.6476875.
9. Ishioka T., Aiura K., Shiina R., Fukui T., Taniguchi T., Narikawa S. et al. Design and prototype implementation of software-defined radio over fiber. IEEE Access. 2021; 9:72793–72807. DOI: 10.1109/ACCESS.2021.3079915.
10. Politis C., Maleki S., Duncan J. M., Krivochiza J., Chatzinotas S., Ottesten B. SDR implementation of a testbed for real-time interference detection with signal cancellation. IEEE Access. 2018; 6:20807–20821. DOI: 10.1109/ACCESS.2018.2825885.
11. Lin C., Yan W., Zhang L., Wang W. A real-time modulation recognition system based on software-defined radio and multi-skip residual neural network. in IEEE Access. 2020; 8:221235–221245. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.3043588.
12. Плохих О. В., Гусев А. В. Радиолокатор системы аэрологического радиозондирования атмосферы на базе SDR приемопередатчика. В кн.: СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии: материалы 31-й Международ. науч.-техн. конф. КрыМиКо'2021, г. Севастополь, 5–11 сентября 2021 г. Севастополь: СевГУ; 2021. Вып. 3. С. 359–360.
13. Lindseth B., Brown W. O. J., Jordan J., Law D., Hock T., Cohn S. A., Popovic Z. A New Portable 449-MHz Spaced Antenna Wind Profiler Radar. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. 2012; 50(9):3544–3553. DOI: 10.1109/TGRS.2012.2184837.
14. Schmidt E., Inupakutika D., Mundlamuri R., Akopian D. SDR-Fi: Deep-Learning-Based Indoor Positioning via Software-Defined Radio. IEEE Access. 2019; 7:145784–145797. DOI: 10.1109/ACCESS.2019.2945929.
15. Гаврилов Д. А., Добриков В. А. Программный прием и обработка сигналов глобальных навигационных спутниковых систем. Труды Военно-космической академии имени А. Ф. Можайского. 2016; (652):16–22.
16. Кестер У. (ред.), Володин Е. Б. (пер.) Мир электроники. Аналого-цифровое преобразование. М.: Техносфера; 2007. 1015 с.

5.2. Периодическая литература

Указываются печатные периодические издания из «Перечня печатных периодических изданий, хранящихся в фонде Научной библиотеки КубГУ» <https://www.kubsu.ru/ru/node/15554>, и/или электронные периодические издания, с указанием

адреса сайта электронной версии журнала, из баз данных, доступ к которым имеет КубГУ:

1. Базы данных компании «Ист Вью» <http://dlib.eastview.com>
2. Электронная библиотека GREBENNIKON.RU <https://grebennikon.ru/>
3. ScienceDirect – ведущая информационная платформа Elsevier <https://www.elsevier.com/>
4. Научная электронная библиотека (НЭБ) <http://www.elibrary.ru/>

5.3. Интернет-ресурсы, в том числе современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Электронно-библиотечные системы (ЭБС):

1. ЭБС «ЮРАЙТ» <https://urait.ru/>
2. ЭБС «УНИВЕРСИТЕТСКАЯ БИБЛИОТЕКА ОНЛАЙН» www.biblioclub.ru
3. ЭБС «BOOK.ru» <https://www.book.ru>
4. ЭБС «ZNANIUM.COM» www.znanium.com
5. ЭБС «ЛАНЬ» <https://e.lanbook.com>

Профессиональные базы данных:

1. Web of Science (WoS) <http://webofscience.com/>
2. Scopus <http://www.scopus.com/>
3. ScienceDirect www.sciencedirect.com
4. Журналы издательства Wiley <https://onlinelibrary.wiley.com/>
5. Научная электронная библиотека (НЭБ) <http://www.elibrary.ru/>
6. Полнотекстовые архивы ведущих западных научных журналов на Российской платформе научных журналов НЭИКОН <http://archive.neicon.ru>
7. Национальная электронная библиотека (доступ к Электронной библиотеке диссертаций Российской государственной библиотеки (РГБ) <https://rusneb.ru/>
8. Президентская библиотека им. Б.Н. Ельцина <https://www.prilib.ru/>
9. Электронная коллекция Оксфордского Российского Фонда <https://ebookcentral.proquest.com/lib/kubanstate/home.action>
10. Springer Journals <https://link.springer.com/>
11. Nature Journals <https://www.nature.com/siteindex/index.html>
12. Springer Nature Protocols and Methods <https://experiments.springernature.com/sources/springer-protocols>
13. Springer Materials <http://materials.springer.com/>
14. zbMath <https://zbmath.org/>
15. Nano Database <https://nano.nature.com/>
16. Springer eBooks: <https://link.springer.com/>
17. "Лекториум ТВ" <http://www.lektorium.tv/>
18. Университетская информационная система РОССИЯ <http://uisrussia.msu.ru>

Информационные справочные системы:

1. Консультант Плюс - справочная правовая система (доступ по локальной сети с компьютеров библиотеки)

Ресурсы свободного доступа:

1. Американская патентная база данных <http://www.uspto.gov/patft/>
2. Полные тексты канадских диссертаций <http://www.nlc-bnc.ca/thesescanada/>
3. КиберЛенинка (<http://cyberleninka.ru/>);
4. Министерство науки и высшего образования Российской Федерации <https://www.minobrnauki.gov.ru/>;
5. Федеральный портал "Российское образование" <http://www.edu.ru/>;

6. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" <http://window.edu.ru/>;
7. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов <http://school-collection.edu.ru/> .
8. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов (<http://fcior.edu.ru/>);
9. Проект Государственного института русского языка имени А.С. Пушкина "Образование на русском" <https://pushkininstitute.ru/>;
10. Справочно-информационный портал "Русский язык" <http://gramota.ru/>;
11. Служба тематических толковых словарей <http://www.glossary.ru/>;
12. Словари и энциклопедии <http://dic.academic.ru/>;
13. Образовательный портал "Учеба" <http://www.ucheba.com/>;
14. Законопроект "Об образовании в Российской Федерации". Вопросы и ответы http://xn--273--84d1f.xn--plai/voprosy_i_otvety

Собственные электронные образовательные и информационные ресурсы КубГУ:

1. Среда модульного динамического обучения <http://moodle.kubsu.ru>
2. База учебных планов, учебно-методических комплексов, публикаций и конференций <http://mschool.kubsu.ru/>
3. Библиотека информационных ресурсов кафедры информационных образовательных технологий [http://mschool.kubsu.ru/](http://mschool.kubsu.ru;);
4. Электронный архив документов КубГУ <http://docspace.kubsu.ru/>
5. Электронные образовательные ресурсы кафедры информационных систем и технологий в образовании КубГУ и научно-методического журнала "ШКОЛЬНЫЕ ГОДЫ" <http://icdau.kubsu.ru/>

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

7. Материально-техническое обеспечение по дисциплине (модулю)

По всем видам учебной деятельности в рамках дисциплины используются аудитории, кабинеты и лаборатории, оснащенные необходимым специализированным и лабораторным оборудованием.

При заполнении таблицы учитывать все виды занятий, предусмотренные учебным планом по данной дисциплине: лекции, занятия семинарского типа (практические занятия, лабораторные работы), а также курсовое проектирование, консультации, текущий контроль и промежуточную аттестацию.

Наименование специальных помещений	Оснащенность специальных помещений	Перечень лицензионного программного обеспечения
Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа 209С	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер	Программное обеспечение в рамках программы компании Microsoft "Enrollment for

		Education Solutions” для компьютеров и серверов Кубанского государственного университета и его филиалов, Антивирусная защита физических рабочих станций и серверов: Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition.
Учебные аудитории для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 209С	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер Оборудование:	Программное обеспечение в рамках программы компании Microsoft “Enrollment for Education Solutions” для компьютеров и серверов Кубанского государственного университета и его филиалов, Антивирусная защита физических рабочих станций и серверов: Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition.
Учебные аудитории для проведения лабораторных работ. Лаборатория №121 С Лаборатория фотонных и оптоэлектронных устройств, №121С Материалов и компонентов фотоники	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер Оборудование: установка для выращивания кристаллов, лазеры, спектрографы, приемники излучения, 3D принтер, паяльная станция, осциллографы и генераторы сигналов	Программное обеспечение в рамках программы компании Microsoft “Enrollment for Education Solutions” для компьютеров и серверов Кубанского государственного университета и его филиалов, Антивирусная защита физических рабочих станций и серверов: Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition.

Для самостоятельной работы обучающихся предусмотрены помещения, укомплектованные специализированной мебелью, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Наименование помещений для самостоятельной работы обучающихся	Оснащенность помещений для самостоятельной работы обучающихся	Перечень лицензионного программного обеспечения
Помещение для самостоятельной работы обучающихся (читальный зал Научной библиотеки)	Мебель: учебная мебель Комплект специализированной мебели: компьютерные столы Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi)	Программное обеспечение в рамках программы компании Microsoft “Enrollment for Education Solutions” для компьютеров и серверов Кубанского государственного университета и его филиалов, Антивирусная защита физических рабочих станций и серверов: Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition.
Помещение для самостоятельной работы обучающихся (ауд.207С)	Мебель: учебная мебель Комплект специализированной мебели: компьютерные столы Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в	Программное обеспечение в рамках программы компании Microsoft “Enrollment for Education Solutions” для компьютеров и серверов Кубанского государственного университета и его филиалов, Антивирусная защита

	электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi)	физических рабочих станций и серверов: Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition.
--	--	---