

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Нижегородский государственный технический университет**  
**им. Р.Е. Алексеева» (НГТУ)**

---

Институт радиоэлектроники и информационных технологий (ИРИТ)  
(Полное и сокращенное название института, реализующего данное направление)

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института:

\_\_\_\_\_ Мякинников А.В.

подпись

ФИО

“22” апреля 2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.В.ОД.13 «Современные математические методы обработки сигналов»**  
(индекс и наименование дисциплины по учебному плану)  
**для подготовки специалистов**

Направление подготовки: 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Направленность (программа) «Радиолокационные системы и комплексы»

Форма обучения: очная

Год начала подготовки 2025

Выпускающая кафедра ИРС

Кафедра-разработчик ИРС

Объем дисциплины 180/5  
часов/з.е

Промежуточная аттестация экзамен

Разработчик: Маврычев Е.А., к.т.н., профессор

Нижний Новгород, 2025 год

Рабочая программа дисциплины: разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по специальности 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы, утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 09 февраля 2018 года № 94 на основании учебного плана принятого УМС НГТУ:

протокол № 5 от 12.12.2024 г.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры: протокол от 17 марта 2025 г. № 6

Зав. кафедрой к.т.н, доцент, Приблудова Е.Н. \_\_\_\_\_  
(подпись)

Программа рекомендована к утверждению ученым советом ИРИТ, протокол от 22 апреля 2025 г. № 3

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ регистрационный № 11.05.01-р-43

Начальник МО \_\_\_\_\_ Севрюкова Е.Г.

Заведующая отделом НТБ \_\_\_\_\_ Н.И. Кабанина  
(подпись)

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>4</b>
1.1. Цель освоения дисциплины.....	4
1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля) .....	4
<b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.....</b>	<b>4</b>
<b>3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ).....</b>	<b>4</b>
<b>4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>8</b>
4.1. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ ПО СЕМЕСТРАМ .....	8
4.2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ .....	8
<b>5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ. ....</b>	<b>13</b>
5.1. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ИЛИ ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ И НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	13
5.2. ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КРИТЕРИЕВ КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ОПИСАНИЕ ШКАЛ ОЦЕНИВАНИЯ	15
<b>6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>17</b>
6.1. УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА .....	17
6.2. СПРАВОЧНО-БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	17
6.3. ПЕРЕЧЕНЬ ЖУРНАЛОВ ПО ПРОФИЛЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	18
6.4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ, РЕКОМЕНДАЦИИ И ДРУГИЕ МАТЕРИАЛЫ К ЗАНЯТИЯМ .....	18
<b>7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>19</b>
7.1. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ .....	19
7.2. ПЕРЕЧЕНЬ СВОБОДНО РАСПРОСТРАНЯЕМОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ .....	19
<b>8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ .....</b>	<b>20</b>
<b>9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....</b>	<b>20</b>
<b>10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>22</b>
10.1. ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ, ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ .....	22
10.2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ЗАНЯТИЙ ЛЕКЦИОННОГО ТИПА.....	24
10.3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ НА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТАХ.....	24
10.4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ ОБУЧАЮЩИХСЯ .....	24
<b>11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>24</b>
11.1. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ИЛИ ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА В ХОДЕ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ.....	24
11.1.1. Типовые задания для лабораторных занятий.....	25
11.1.2. Типовые вопросы для промежуточной аттестации в форме экзамена для студентов очной формы обучения.....	25

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### 1.1.Цель освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является развитие компетенций в области теории и практики математических методов обработки сигналов в современных информационных системах, которые используются для извлечения информации, передачи данных, обучения и контроля, а также получения навыков реализации данных алгоритмов и анализа их эффективности с помощью статистического моделирования.

### 1.2.Задачи освоения дисциплины (модуля)

Задачи освоения дисциплины:

- освоение теоретических основ;
- применение математических методов и алгоритмов для решения практических задач;
- проявление системного и алгоритмического мышления при проектировании радиотехнических и информационных систем.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Учебная дисциплина «Современные математические методы обработки сигналов» Б1.В.ОД.13 включена в вариативную часть обязательных дисциплин. Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП, по данному направлению подготовки.

Дисциплина базируется на дисциплинах: «Цифровая обработка сигналов», «Статистическая теория радиотехнических систем», «Функциональное моделирование».

Дисциплина «Современные математические методы обработки сигналов» является основополагающей для практик: научно-исследовательская работа, производственная (преддипломная).

## 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Таблица 1- Формирование компетенций дисциплинам

Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры, формирования дисциплины Компетенции берутся из Учебного плана по направлению подготовки бакалавра										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B
Основы компьютерного проектирования РЭС											
Статистическая теория радиотехнических систем											
Радиоавтоматика											
Функциональное моделирование											
Радиотехнические системы											
Цифровая обработка сигналов											
Основы техники радиоприема											

Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры, формирования дисциплины Компетенции берутся из Учебного плана по направлению подготовки бакалавра										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B
Радиопередающие устройства ПКС-1											
Цифровые процессоры и обработка сигналов ПКС-1											
Программные средства цифровой обработки сигналов ПКС-1											
Современные математические методы обработки сигналов ПКС-1											
Основы теории радиолокационных систем и комплексов ПКС-1											
Сетевые информационные технологии ПКС-1											
Основы теории радионавигационных систем и комплексов ПКС-1											
Основы теории радиосистем и комплексов управления ПКС-1											
Основы теории радиосистем передачи информации ПКС-1											
Основы теории систем и комплексов радиоэлектронной борьбы ПКС-1											
Микроэлектронные устройства СВЧ ПКС-1											
Интегральная СВЧ схемотехника ПКС-1											
Электродинамика и распространение радиоволн. Дополнительные главы ПКС-1											
Направляющие и колебательные системы СВЧ ПКС-1											
Телевидение и видеотехника ПКС-1											
Цифровая аудио- и видеотехника ПКС-1											
Электронные СВЧ и квантовые приборы ПКС-1											
Оптоэлектронные и квантовые приборы СВЧ ПКС-1											
Электропреобразовательные устройства РЭС ПКС-1											
Электропитание устройств систем телекоммуникаций ПКС-1											

Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры, формирования дисциплины Компетенции берутся из Учебного плана по направлению подготовки бакалавра										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B
<i>Лабораторный практикум по проектированию интегрированных модулей цифровой обработки сигналов ПКС-1</i>											
<i>Научно-исследовательская работа ПКС-1</i>											
<i>Преддипломная практика ПКС-1</i>											
<i>Выполнение и защита ВКР ПКС-1</i>											

**ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СО-  
ОТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОП**

Таблица 2- Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине			Оценочные средства	
					Текущего контроля	Промежуточной аттестации
ПКС-1. Способен проводить разработку методов, алгоритмов приема, передачи и обработки сигналов, выполнять моделирование радиолокационных систем и устройств, осуществлять тестирование радиоэлектронных комплексов с использованием современных аппаратных и программных средств	ИПКС-1.1. Разрабатывает методы, алгоритмы решения исследовательских задач с использованием современных языков программирования, владеет технологией автоматической обработки информации. ИПКС-1.2. Выполняет математическое моделирование радиолокационных систем и устройств, осуществляет тестирование аппаратного и программного обеспечения радиоэлектронных комплексов.	<b>Знать:</b> основные статистические критерии оптимизации, методы оценки параметров линейной модели (наименьших квадратов, минимума средне-квадратической ошибки и максимального правдоподобия), методы регуляризации на основе модели разреженного представления, алгоритмы решения оптимизационных задач.	<b>Уметь:</b> применять математические методы линейной алгебры, теории оптимизации и регуляризации в системах радиосвязи, радиолокации, задачах спектрального анализа и машинного обучения.	<b>Владеть:</b> средствами методами математического моделирования алгоритмов статистической обработки сигналов и численного решения оптимизационных задач.	Выполнение индивидуального задания – 18 заданий	Вопросы для устного собеседования – 29 вопросов
– Освоение дисциплины причастно к ТФ С/02.6 (ПС <u>06.005</u> ПС <u>06.005</u> « <u>Специалист по техническому обслуживанию и ремонту радиоэлектронных средств</u> »), решает задачи проведения моделирования объектов и процессов, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ						

## 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 5 зач.ед. 180 часов, распределение часов по видам работ семестрам представлено в таблице 3.

Таблица 3.1 - Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам для студентов очного обучения

Вид учебной работы	Трудоёмкость в час	
	Всего час.	В т.ч. по семестрам
		9 сем
<b>Формат изучения дисциплины</b>	с использованием элементов электронного обучения	
<b>Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану</b>	<b>180</b>	<b>180</b>
<b>1. Контактная работа:</b>	<b>57</b>	<b>57</b>
<b>1.1. Аудиторная работа, в том числе:</b>	<b>51</b>	<b>51</b>
занятия лекционного типа (Л)	34	34
занятия семинарского типа (ПЗ-семинары, практ. занятия и др)		
лабораторные работы (ЛР)	17	17
<b>1.2. Внеаудиторная, в том числе</b>	<b>6</b>	<b>6</b>
курсовая работа (проект) (КР/КП) (консультация, защита)		
текущий контроль, консультации по дисциплине	4	4
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	2	2
<b>2. Самостоятельная работа (СРС)</b>	<b>87</b>	<b>87</b>
реферат/эссе (подготовка)		
расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)		
контрольная работа		
курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)		
самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиум и т.д.)	87	87
Подготовка к экзамену (контроль)	36	36

### 4.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Таблица 4.1- Содержание дисциплины, структурированное по темам для студентов очного обучения

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоёмкость в часах)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоёмкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)				
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия					
ПКС-1, ИПКС-1.1	Вводная тема	2							
ПКС-1, ИПКС-1.1	Раздел 1. Методы линейной алгебры в обработке сигналов					Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.2.1]-[6.2.5].ра			



Планируемые (контролируе- мые) резуль- таты освое- ния: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной ра- боты (час)				Вид СРС	Наименова- ние исполь- зуемых ак- тивных и интерактив- ных образо- вательных технологий	Реализа- ция в рам- ках Прак- тической подготовки (трудоем- кость в часах)	Наимено- вание раз- работанного Электрон- ного курса (трудоем- кость в ча- сах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)				
		Лекции	Лаборатор- ные работы	Практиче- ские занятия					
						бота над индиви- дуаль- ным за- данием			
	Тема 1.1 Ли- нейное про- странство и преобразова- ния. Линейные системы.	2			6				
	Тема 1.2 Син- тез алгоритмов простран- ственно- временной обработки сигналов	4			6				
	Тема 1.3Спектральн ый анализ сиг- налов	2			6				
	Тема лабора- торной рабо- ты: «Прием сигна- лов в ММОсисте- мах»			4	6	Подго- товка к лабора- торной работе [6.1.2] [6.4.1]	Мозговой штурм		
	Работа по освоению 1 раздела:	8		4	24				
	Итого по раз- делу 1	8		4	24				
ПКС-1, ИПКС-1.1	Раздел 2. Методы выпуклой оп- тимизации					Подго- товка к лекциям [6.1.3],[6. 2.6]- [6.2.8] работа над ин- дивиду- альным заданием			
	Тема 2.1 Вы- пуклая опти- мизация	4			4				
	Тема 2.2 При- менение вы- пуклой опти- мизации в об- работке сигна- лов	4			6				

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)				
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия					
	Тема лабораторной работы: «Алгоритмы градиентного спуска для решения задач оптимизации»			4	6	Подготовка к лабораторной работе[6.1.3] [6.2.6] [6.4.2]	Мозговой штурм		
	Работа по освоению 2 раздела:	8		4	16				
	Итого по 2 разделу	8		4	16				
ПКС-1, ИПКС-1.1	Раздел 3. Обработка разреженных сигналов					Подготовка к лекциям [6.2.9]-[6.2.10], работа над индивидуальным заданием			
	Тема 3.1.Математические основы разреженной аппроксимации	2			4				
	Тема 3.2.Применение разреженной аппроксимации в задачах обработки сигналов	2			4				
	Тема лабораторной работы: «Решение задач оценки параметров с регуляризацией нормой первого порядка»			4	6	Подготовка к лабораторной работе[6.2.10] , [6.4.2]	Мозговой штурм		
	Работа по освоению 3 раздела:	4		4	14				
	Итого по 3 разделу	4		4	14				
	Раздел 4. Обработка сигналов в сетях					Подготовка к лекциям			

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)				
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия					
						[6.2.11]-[6.2.14], работа над индивидуальным заданием			
	Тема 4.1.Распределенная обработка сигналов	2			6				
	Тема 4.2.Обработка сигналов на графах	2			6				
	Тема лабораторной работы: «Алгоритмы распределенного оценивания и фильтрации»			5	6	Подготовка к лабораторной работе[6.2.14], [6.4.3]			
	Работа по освоению 4 раздела:	4		5	18				
	Итого по 4 разделу	4		5	18				
	Раздел 5. Статистическое обучение					Подготовка к лекциям [6.2.15], работа над индивидуальным заданием			
	Тема 5.1.Методы статистического обучения	4			7				
	Тема 5.2.Нейронные сети. Методы обкчения	4			8				
	Работа по освоению 5 раздела:	8			15				
	Итого по 5 разделу	8			15				
	Подготовка к экзамену (контроль)				36				

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)				
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия					
	ИТОГО по дисциплине	34		17	123 87				

## 5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.

### 5.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности

Для выполнения процедур оценивания составлен паспорт оценочных средств

Таблица 5.1 - Паспорт оценочных средств (текущая аттестация)

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Лекционные занятия		Лабораторные занятия		Самостоятельная работа	
			Процедура оценивания	Наименование оценочных средств	Процедура оценивания	Наименование оценочных средств	Процедура оценивания	Наименование оценочных средств
1.	Методы линейной алгебры в обработке сигналов	ПКС-1, ИПКС-1.1, ИПКС-1.2	Участие в групповых обсуждениях	Комплект тематик для дискуссий	Выполнение индивидуального задания	Лабораторная работа: «Прием сигналов в ММО системах»	Выполнение домашних заданий	Домашние задания
2.	Методы выпуклой оптимизации	ПКС-1, ИПКС-1.1, ИПКС-1.2	Участие в групповых обсуждениях	Комплект тематик для дискуссий	Выполнение индивидуального задания	Лабораторная работа: «Алгоритмы градиентного спуска для решения задач оптимизации»	Выполнение домашних заданий	Домашние задания
3.	Обработка разреженных сигналов	ПКС-1, ИПКС-1.1, ИПКС-1.2	Участие в групповых обсуждениях	Комплект тематик для дискуссий	Выполнение индивидуально-го задания	Лабораторная работа: «Решение задач оценки параметров с регуляризацией нормой первого порядка»	Выполнение домашних заданий	Домашние задания

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Лекционные занятия		Лабораторные занятия		Самостоятельная работа	
			Процедура оценивания	Наименование оценочных средств	Процедура оценивания	Наименование оценочных средств	Процедура оценивания	Наименование оценочных средств
4.	Обработка сигналов в сетях	ПКС-1, ИПКС-1.1, ИПКС-1.2	Участие в групповых обсуждениях	Комплект тематик для дискуссий	Выполнение индивидуально-го задания	Лабораторная работа: «Алгоритмы распределенного оценивания и фильтрации»	Выполнение домашних заданий	Домашние задания

Таблица 5.2 - Паспорт оценочных средств (промежуточная аттестация)

Наименование дисциплины	Формируемые компетенции	Знаниевая компонента		Деятельностная компонента	
		Процедура оценивания	Наименование оценочных средств	Процедура оценивания	Наименование оценочных средств
«Современные математические методы обработки сигналов»	ПКС-1, ИПКС-1.1, ИПКС-1.2	Устное собеседование по вопросам	Вопросы к экзамену	Выполнение индивидуального задания	Задания к экзамену

Таблица 5.3 - Оценочные средства дисциплины, для промежуточной аттестации

	Формируемые компетенции	Номера заданий
1	Компетенция ПКС-1	1-29

Комплект оценочных средств является неотъемлемой частью ФОС и хранится на кафедре «Информационные радиосистемы».

## 5.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

Таблица 5.4- При текущем контроле и оценка выполнения практических работ

Вид оценивания аудиторных занятий	Технология оценивания	Описание шкалы оценивания на этапе текущего контроля			
		Отсутствие усвоения	Не полное усвоение	Хорошее усвоение	Отличное усвоение
Работа на лекциях	Участие в групповых обсуждениях	отсутствие участия	единичное высказывание	активное участие в обсуждении	высказывание неординарных суждений с обоснованием точки зрения
Работа на практических занятиях	Решение индивидуальных домашних заданий	не правильное решение	решение с ошибками	правильное решение без ошибок с отдельными замечаниями	правильное решение без ошибок
	Решение индивидуальных практических заданий	не правильное решение	решение с ошибками	правильное решение без ошибок с отдельными замечаниями	правильное решение без ошибок

При промежуточном контроле успеваемость студентов оценивается по четырехбалльной системе «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»

Таблица 6 - Критерии оценивания результата обучения по дисциплине

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
		Отсутствие усвоения	Не полное усвоение	Хорошее усвоение	Отличное усвоение
ПКС-1. Способен проводить разработку методов, алгоритмов приема, передачи и обработки сигналов, выполнять моделирование радиолокационных систем и устройств, осуществлять тестирование радиоэлектронных комплексов с использованием современных аппаратных и программных средств	ИПКС-1.1. Разрабатывает методы и алгоритмы моделирования процессов в радиоэлектронике, радиотехнических системах и устройствах, владеет технологией автоматической обработки информации. ИПКС-1.2. Выполняет математическое моделирование радиолокационных систем и устройств, осуществляет тестирование аппаратного и программного обеспечения радиоэлектронных комплексов.	Изложение учебного материала бессистемное, неполное, не освоены основные методы и алгоритмы обработки сигналов, критерии оптимальности при проектировании радиотехнических систем, основные характеристики для оценки качества и работоспособности радиоэлектронных комплексов.	Фрагментарные, поверхностные знания основных методов и алгоритмов обработки сигналов, критериев оптимальности при проектировании радиотехнических систем, основных характеристик для оценки качества и работоспособности радиоэлектронных комплексов.	Знает основные методы и алгоритмы обработки сигналов, критерии оптимальности при проектировании радиотехнических систем, основные характеристики для оценки качества и работоспособности радиоэлектронных комплексов. на достаточно хорошем уровне.	Имеет глубокие знания решения задач проектирования радиотехнических систем, задачи синтеза оптимальных алгоритмов.



Таблица 7 - Критерии оценивания

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично)	оценку « <b>отлично</b> » заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы.
Средний уровень «4» (хорошо)	оценку « <b>хорошо</b> » заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки.
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	оценку « <b>удовлетворительно</b> » заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы.
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	оценку « <b>неудовлетворительно</b> » заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Учебная литература

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
6.1.1	Пространственная обработка сигналов в многоканальных радиолокационных системах [Электронные текстовые данные]: Учеб.пособие / А.В. Ястребов [и др.]; НГТУ им.Р.Е.Алексеева. - Н.Новгород: [Изд-во НГТУ], 2020.	В библиотеке – <b>2 экз.</b> , на кафедре – 45 экз.
6.1.2	Пространственно-временное кодирование в ММО-системах радиосвязи: Учеб.пособие / В.Т. Ермолаев, Е.А. Маврычев, А.Г. Флакман; НГТУ им.Р.Е.Алексеева. - Н.Новгород, 2013.	В библиотеке – <b>4 экз.</b> , на кафедре 15 экз.
6.1.3	Методы оптимизации: Учебник и практикум / А.Г. Сухарев, А.В. Тимохов, В.В. Фёдоров; МГУ им.М.В. Ломоносова. - 3-е изд., испр. и доп. - М.: Юрайт, 2014. <a href="https://urss.ru/images/add_ru/185519-1.pdf">https://urss.ru/images/add_ru/185519-1.pdf</a>	В библиотеке – <b>1 экз.</b>

### 6.2. Справочно-библиографическая литература

— учебники и учебные пособия

- 6.2.1. Воеводин В.В. Линейная алгебра, 4-е изд., стер. - СПб.: Лань, 2008. В библиотеке - **30 экз.**
- 6.2.2. Boyd S., Vandenberghe L. Introduction to applied linear algebra: vectors, matrices, and least squares. Cambridge University Press, 2018.  
<https://web.stanford.edu/~boyd/vmls/vmls.pdf>
- 6.2.3. Марпл С.Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения. М.: Мир, 1990. В библиотеке - **4 экз.**
- 6.2.4. Монзинго Р.А., Миллер Т.У. Адаптивные антенные решетки: Введение в теорию: Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1986, 448 с. В библиотеке - **1 экз.**
- 6.2.5. Ермолаев В.Т., Маврычев Е.А., Флакман А.Г. Адаптивная пространственная обработка сигналов в антенных решетках: Учебное пособие. – НГТУ, Н.Новгород, 2005, 72 с. В библиотеке - **31 экз.**

- 6.2.6. S. Boyd, L. Vandenberghe, Convex Optimization, Cambridge University Press, 2004. / [https://web.stanford.edu/~boyd/cvxbook/bv\\_cvxbook.pdf](https://web.stanford.edu/~boyd/cvxbook/bv_cvxbook.pdf)
- 6.2.7. Luo Z.-Q., Yu W. An Introduction to convex optimization for communications and signal processing, IEEE Journal on selected areas in communications, vol. 24, n. 8, 2006, pp. 1426-1438 / <http://www.sfu.ca/~dchlee/ensc833folder/Luo-tutorial-JSAC.pdf>
- 6.2.8. Z.-Q. Luo, W.-K. Ma, A. M.-C. So, Y. Ye, and S. Zhang, "Semidefinite relaxation of quadratic optimization problems", IEEE Signal Processing Mag., vol. 27, no. 3, pp. 20-34, 2010 / <https://www1.se.cuhk.edu.hk/~manchoso/papers/sdrapp-SPM.pdf>
- 6.2.9. Kutyniok G. Compressed Sensing: Theory and Applications Cambridge university press, 2012 / <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.666.8069&rep=rep1&type=pdf>
- 6.2.10. Beck A., Teboulle M. A Fast iterative shrinkage-thresholding algorithm for linear inverse problems, SIAM J., 2009, vol. 2, no. 1, pp. 183–202 / <https://www.ceremade.dauphine.fr/~carlier/FISTA>
- 6.2.11. Малышев Д.С. Лекции по дискретной математике: множества, бинарные отношения, комбинаторика и теория графов: Учеб. пособие / Д.С. Малышев; Нац. исслед. ун-т высш. шк. экономики, НГТУ им. Р.Е. Алексеева. - Н. Новгород: [Изд-во НГТУ], 2020. - 93 с. В библиотеке - 2 экз.
- 6.2.12. A. Sandryhaila and J. M. F. Moura, "Discrete Signal Processing on Graphs: Frequency Analysis," Signal Processing, IEEE Transactions on, vol. 62, no. 12, pp. 3042–3054, Jun. 2014. / <https://arxiv.org/pdf/1307.0468.pdf>
- 6.2.13. Stankovic L., Dakovic M., Sejdic E. Introduction to graph signal processing, 2019 / <http://www.tfsa.ac.me/pap/tfsa-001333.pdf>
- 6.2.14. Sayed A.H. A. H. Sayed. Adaptation, Learning, and Optimization over Networks. Foundations and Trends R in Machine Learning, vol. 7, no. 4-5, pp. 311–801, 2014 / [https://asl.epfl.ch/wp-content/uploads/publications/books/now\\_2014/book.pdf](https://asl.epfl.ch/wp-content/uploads/publications/books/now_2014/book.pdf)
- 6.2.15. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep learning / <https://www.deeplearningbook.org/>

### 6.3. Перечень журналов по профилю дисциплины

- 6.3.1. Научно-технический журнал "Цифровая обработка сигналов". Журнал "Цифровая обработка сигналов" (<http://www.dsps.ru>).
- 6.3.2. Информационные ресурсы России. Российская ассоциация электронных библиотек. Информационные Ресурсы России — Российская ассоциация электронных библиотек (aselibrary.ru).
- 6.3.3. Электронный архив научных статей arXiv.org

### 6.4. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

Методические указания по выполнению практических работ по дисциплине «Современные алгоритмы проектирования радиотехнических систем» разработаны в электронном варианте.

Электронные варианты методических указаний по выполнению практических работ по дисциплине «Современные алгоритмы проектирования радиотехнических систем» отправляются на электронные адреса групп.

- 6.4.1. Маврычев Е.А. Прием и обработка сигналов в ММО системах: мет.-указ. к практическим занятиям/ НГТУ. Н.Новгород, 2020. 8 с. – на каф. 8 экз..
- 6.4.2. Маврычев Е.А. Оценка параметров линейной модели: мет.-указ. к практическим занятиям/ НГТУ. Н.Новгород, 2020. 10 с.– на каф. 8 экз.
- 6.4.3. Маврычев Е.А. Алгоритмы распределенной обработки сигналов в сетях: мет.-указ. к практическим занятиям / НГТУ. Н.Новгород, 2021. 6 с.– на каф. 8 экз.

## 7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебный процесс по дисциплине обеспечен необходимым комплектом свободно распространяемого программного обеспечения (состав по дисциплине определен в настоящей РПД и подлежит обновлению при необходимости).

### 7.1. Перечень информационных справочных систем

Таблица 8 - Перечень электронных библиотечных систем

№	Наименование ЭБС	Ссылка к ЭБС
1	Консультант студента	<a href="http://www.studentlibrary.ru/">http://www.studentlibrary.ru/</a>
2	Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
3	Юрайт	<a href="https://biblio-online.ru/">https://biblio-online.ru/</a>
4	TNT-ebook	<a href="https://www.tnt-ebook.ru/">https://www.tnt-ebook.ru/</a>

### 7.2. Перечень свободно распространяемого программного обеспечения

Таблица 9.1 - Программное обеспечение (ПО), используемое студентами очного обучения

лицензионное ПО, с указанием реквизитов подтверждающего документа	ПО свободного распространения
1 Windows 7 Pro SP1 (подписка Dream Spark Premium, договорот 21.10.14).	Adobe Acrobat Reader (FreeWare) <a href="https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader.html">https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader.html</a>
2. Microsoft Office Professional Plus 2007 (лицензия № 64231296).	Zoom для дистанционного обучения, ссылка отправляется преподавателем
3. Dr.Web (с/н ZNFC-CR5D-5U3U-JKGPот 20.05.2024 до 30.05.2025).	
4. Программа для ЭВМ в составе: MATLAB. Simulink. Signal Processing Toolbox. DSP System Toolbox. Communications System Toolbox, Fixed-Point Designer Academic, (договор № Tr110373 от 21.10.14)	

### Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

В таблице 10 указан перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем, к которым обеспечен доступ (удаленный доступ). Данный перечень подлежит обновлению в соответствии с требованиями ФГОС ВО.

В данном разделе могут быть приведены ресурсы (ссылки на сайты), на которых можно найти полезную для курса информацию, в т.ч. статистические или справочные данные, учебные материалы, онлайн курсы и т.д.

Таблица 10 - Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

№	Наименование профессиональной базы данных, информационно-справочной системы	Доступ к ресурсу (удаленный доступ с указанием ссылки/доступ из локальной сети университета)
1	2	3
1	База данных стандартов и регламентов РОС-СТАНДАРТ	<a href="https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts">https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts</a>
	Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем	<a href="https://cyberpedia.su/21x47c0.html">https://cyberpedia.su/21x47c0.html</a>
	Инструменты и веб-ресурсы для веб-разработки – 100+	<a href="https://techblog.sdstudio.top/blog/instrumenty-i-veb-resursy-dlia-veb-razrabotki-100-plus">https://techblog.sdstudio.top/blog/instrumenty-i-veb-resursy-dlia-veb-razrabotki-100-plus</a>

## 8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

В таблице 11 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к ограничениям их здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования. При заполнении таблицы может быть использована информация, размещенная в подразделе «Доступная среда» специализированного раздела сайта НГТУ «Сведения об образовательной организации» <https://www.nntu.ru/sveden/accenv/>

Таблица 11 - Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ

№	Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ	Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования
1	ЭБС «Консультант студента»	озвучка книг и увеличение шрифта
2	ЭБС «Лань»	специальное мобильное приложение - синтезатор речи, который воспроизводит тексты книг и меню навигации
3	ЭБС «Юрайт»	версия для слабовидящих

## 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Для контактной и самостоятельной работы обучающихся выделены помещения, оснащённые компьютерной техникой с подключением к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации:

Таблица 12 - Оснащенность аудиторий и помещений для проведения учебных занятий и самостоятельной работы студентов по дисциплине

<b>№</b>	<b>Наименование аудиторий и помещений для проведения учебных занятий и самостоятельной работы</b>	<b>Оснащенность аудиторий помещений и помещений</b>	<b>Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа</b>
1	Читальный зал НТБ - помещение для самостоятельной работы студентов № 2202 учебного корпуса № 2	1. Рабочие места студента, оснащенные переносным оборудованием (ноутбук HP – 21 шт.) 2. ПК на базе Intel (R) CPU 2140, 1.6 ГГц., ОЗУ 2Гб, 160 Гб HDD, монитор 17" – 1 шт. ПК подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.	1. Microsoft Windows 10 Professional (подписка DreamSpark Premium, договор № 0509/KMP от 15.10.18) 2. ConsultantPlus (договор № 0332100025422000043 от 09.01.2023) 3. Техэксперт (Гражданско-правовой договор № 0332100025422000048 от 23.01.2023) 4. АИБС «МегаПро» версия 3. (Договор № 28-14/19-41 от 23 октября 2019г.) 5. Microsoft Office 2007 (Номер лицензии - 44804588) Предусмотренная ОС 6. Microsoft Windows - 21 шт. 7. Dr.Web (с/н ZNFC-CR5D-5U3U-JKGP от 20.05.2024 до 30.05.2025)
2	Зал электронных ресурсов НТБ № 2210 учебного корпуса № 2	2. ПК – 2 шт. на базе Intel Celeron(R) CPU E3400, 2.6 ГГц., ОЗУ 2Гб, 250 Гб HDD, ПК – 1 шт., монитор 17" - 3 шт. ПК подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета 1. Рабочее место студента - 3	1. Microsoft Windows 10 Professional (подписка DreamSpark Premium, договор № 0509/KMP от 15.10.18) 2. Dr.Web (с/н ZNFC-CR5D-5U3U-JKGP от 20.05.2024 до 30.05.2025) ConsultantPlus (договор № 0332100025422000043 от 09.01.2023) 3. Техэксперт (Гражданско-правовой договор № 332100025422000048 от 23.01.2023) 4. АИБС «МегаПро» версия 3. (Договор № 28-14/19-41 от 23 октября 2019г.) 5. Microsoft Office 2007 (Номер лицензии - 44804588) 6. НЭБ РФ (Договор № 101/НЭБ/1020) 7. Openoffice (свободное ПО)
3	Читальный зал НТБ № 6119 учебно-лабораторного корпуса № 6	Рабочее место студента - 50.	
4	Зал электронных ресурсов НТБ - помещение для самостоятельной работы студентов № 6162 учебно-лабораторного корпуса № 6	1. ПК – 1 шт. на базе Intel Genuine(R) CPU 2140 1.6 ГГц., ОЗУ 1024 МБ, 160 Гб HDD, ПК – 1 шт. на базе AMD athlon(tm) II X2 250, 3 ГГц, ОЗУ 2 Гб, 500 Гб HDD, монитор 17" – 2 шт. 2. Рабочее место студента - 2	1. Microsoft Windows XP Professional (номер лицензии – 43178980) Microsoft Windows 7 Professional (подписка DreamSpark Premium, договор № 0509/KMP от 15.10.18) 2. Dr.Web (с/н ZNFC-CR5D-5U3U-JKGP от 20.05.2024 до 30.05.2025) АИБС «МегаПро» версия 3. (Договор № 28-14/19-41 от 23 октября 2019г.) 3. Microsoft Office 2007 (Номер лицен-

№	Наименование аудиторий и помещений для проведения учебных занятий и самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий помещений и помещений	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
			зии - 44804588) 4. НЭБ РФ (Договор №101/НЭБ/1020) 5. Openoffice 4.1.7 (свободное ПО) 6. Р7 Офис (с/н 5260001439) 7. AdobeReader (проприетарное ПО) 8. (Гражданско-правовой договор № 0332100025422000048 от 23.01.2023)
5	<b>1324</b> учебная аудитория для проведения лекционных, практических занятий, самостоятельной работы, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации; г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24.	10 рабочих мест для студентов, оборудованных: <ul style="list-style-type: none"> <li>• PC Intel Core i3 3 GHz/4 Gb RAM/HDD 250Gb/DVD-ROM;</li> <li>• ЖКмонитор 19”.</li> <li>• пакеты ПО общего назначения: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Slackware Linux 13.37</li> <li>– Microsoft Windows XP SP3;</li> <li>– Microsoft Office 2007 Professional Plus;</li> <li>– 7-zip;</li> <li>– Adobe Reader 9;</li> <li>– Dr.Web;</li> <li>– XnView;</li> </ul> </li> </ul> <p>рабочее место преподавателя, оборудованное:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• PC Intel Pentium IV 3 GHz/1 Gb RAM/HDD 250Gb/DVD-ROM;</li> <li>• ЖКмонитор 19”.</li> <li>• пакеты ПО общего назначения: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Slackware Linux 14</li> <li>– Microsoft Windows XP SP3;</li> <li>– Microsoft Office 2007 Professional Plus;</li> <li>– 7-zip;</li> <li>– Adobe Reader 9;</li> <li>– Dr.Web.</li> </ul> </li> </ul> <p>Проектор Benq.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Windows XP, Prof, S/P3 (подписка Dream Spark Premium, договор от 21.10.14);</li> <li>• Microsoft Office Professional Plus 2007 (лицензия № 64231296);</li> <li>• Dr.Web (с/н ZNFC-CR5D-5U3U-JKGP от 20.05.2024 до 30.05.2025);</li> <li>• Консультант Плюс (ГПД № 0332100025418000079 от 21.12.2018).</li> </ul>

## 10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

### 10.1. Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

При преподавании дисциплины «Современные математические методы обработки сигналов», используются современные образовательные технологии, позволяющие повысить активность студентов при освоении материала курса и предоставить им возможность эффективно реализовать часы самостоятельной работы.

Весь лекционный материал курса может сопровождаться компьютерными презентациями, в которых наглядно преподносятся материал различных разделов курса и что дает возможность обсудить материал со студентами во время чтения лекций, активировать их деятельность при освоении материала. Электронные материалы лекций в период дистанционного обучения отправляются по электронной почте на адреса групп и могут быть получены до чтения лекций и проработаны студентами в ходе самостоятельной работы.

На лекциях, практических занятиях реализуются интерактивные технологии, приветствуются вопросы и обсуждения, используется личностно-ориентированный подход, технология работы в малых группах, что позволяет студентам проявить себя, получить навыки самостоятельного изучения материала, повысить уровень знаний в группе. Все вопросы, возникшие при самостоятельной работе над домашним заданием, подробно разбираются на практических занятиях и лекциях. Проводятся индивидуальные и групповые консультации с использованием современных информационных технологий: электронная почта, Zoom.

Иницируется активность студентов, поощряется задание любых вопросов по материалу, практикуется индивидуальный ответ на вопросы студента, рекомендуются методы успешного самостоятельного усвоения материала в зависимости от уровня его базовой подготовки.

Для оценки знаний, умений, навыков и уровня сформированности компетенции применяется балльно-рейтинговая система контроля и оценки успеваемости студентов в процессе текущего контроля.

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета с учетом текущей успеваемости.

**Результат обучения считается сформированным на повышенном уровне**, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях студент исчерпывающе, последовательно, четко и логически излагает учебный материал; свободно справляется с заданиями, вопросами, использует в ответе дополнительный материал. Все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты, проявляет самостоятельность при выполнении заданий.

**Результат обучения считается сформированным на пороговом уровне**, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях студент последовательно, четко и логически излагает учебный материал; справляется с заданиями, вопросами, требующих применения знаний; все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий.

**Результат обучения считается несформированным**, если студент при выполнении заданий не демонстрирует знаний учебного материала, допускает ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет задания, не демонстрирует необходимых умений, качество выполненных заданий не соответствует установленным требованиям, качество их

выполнения оценено числом баллов ниже трех по оценочной системе, что соответствует допороговому уровню.

### **10.2. Методические указания для занятий лекционного типа**

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов тематического плана. В ходе лекционных занятий раскрываются базовые вопросы в рамках каждой темы дисциплины (Таблица 4.1). Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются акценты на наиболее сложные и важные положения изучаемого материала. Материалы лекций являются опорной основой для подготовки обучающихся к практическим занятиям и выполнения заданий самостоятельной работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

### **10.3. Методические указания по освоению дисциплины на лабораторных работах**

Подготовку к каждому практическому занятию студент должен начать с ознакомления с планом занятия, который отражает содержание предложенной темы. Каждое выполненное домашнее задание проверяется преподавателем.

При оценивании домашних заданий учитывается следующее:

- правильность выполнения домашней работы;
- качество устных ответов на теоретические вопросы по пройденной теме.

### **10.4. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся**

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающегося к аудиторным занятиям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающегося на занятиях и в качестве выполненных практических заданий и других форм текущего контроля.

При выполнении заданий для самостоятельной работы рекомендуется проработка материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение рекомендуемой литературы, представленной в Разделе 6.

В процессе самостоятельной работы при изучении дисциплины студенты могут работать на компьютере в специализированных аудиториях для самостоятельной работы, указанных в Разделе 9. В аудиториях имеется доступ через информационно-телекоммуникационную сеть «Интернет» к электронной информационно-образовательной среде университета (ЭИОС) и электронной библиотечной системе (ЭБС), где в электронном виде располагаются учебные и учебно-методические материалы, которые могут быть использованы для самостоятельной работы при изучении дисциплины.

Для обучающихся по заочной форме обучения самостоятельная работа является основным видом учебной деятельности.

## **11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **11.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе текущего контроля успеваемости**

Для текущего контроля знаний студентов по дисциплине проводится **комплексная оценка знаний**, включающая для студентов очной формы обучения:

- выполнение домашних заданий;
- экзамен.



#### 11.1.1. Типовые задания для лабораторных занятий

1. Сформировать сигнал линейной модели и реализовать алгоритм оценки вектора состояния на основе критерия минимума квадрата ошибки.
2. Сформировать входной сигнал и реализовать оптимальный фильтр детерминированного на фоне небелого шума с заданной корреляционной матрицей.
3. Сформировать входной сигнал и реализовать оптимальный фильтр случайного сигнала с заданной матрицей корреляции на фоне белого шума.
4. Сформировать входной сигнал и реализовать алгоритм спектрального оценивания методом Кейпона.
5. Сформировать входной сигнал и реализовать алгоритм спектрального оценивания методом MUSIC.
6. Сформировать входной сигнал в системе с разнесенным приемом и реализовать алгоритм оптимального весового суммирования.
7. Сформировать входной сигнал в ММОсистеме и реализовать алгоритм оценивания методом наименьших квадратов.
8. Сформировать входной сигнал в ММОсистеме и реализовать алгоритм оценивания по критерию минимума СКО
9. Сформировать входной сигнал в ММОсистеме и реализовать алгоритм оценивания по критерию максимального правдоподобия.
10. Сформировать матрицу канала ММОсистемы и реализовать алгоритм оптимального распределения мощности.
11. Сформировать сигнал линейной модели и реализовать алгоритм оценки вектора состояния на основе критерия минимума квадрата ошибки.
12. Сформировать сигнал линейной модели и реализовать градиентный алгоритм оценки вектора состояния.
13. Сформировать сигнал линейной модели и реализовать стохастический градиентный алгоритм оценки вектора состояния.
14. Сформировать входной сигнал в ММОсистеме и реализовать алгоритм оценивания на основе выпуклого программирования.
15. Сформировать матрицу канала для многопользовательской системы massiveMМОи реализовать алгоритм оптимизации линейного прекодера с использованием выпуклого программирования.
16. Сформировать сигнал линейной модели с разреженным вектором состояния и реализовать проксимального градиентного спуска для оценки вектора состояния.
17. Сформировать входные данные с линейной разделимостью для бинарной классификации и реализовать алгоритм обучения для логистической регрессии на основе градиентного спуска.
18. Сформировать входные данные распределенной системы и реализовать алгоритм консенсуса для оценки математического ожидания.

#### 11.1.2. Типовые вопросы для промежуточной аттестации в форме экзамена для студентов очной формы обучения

1. Линейное пространство, базис, ортогональный базис.
2. Матрицы и операции с матрицами, матричные разложения
3. Линейное преобразование
4. Взаимно-однозначное линейное преобразование. Линейное преобразование в базисе собственных и сингулярных векторов
5. Линейная модель. Оценка параметров методом наименьших квадратов и максимального правдоподобия
6. Фильтрация детерминированного сигнала на фоне небелого шума
7. Фильтрация случайного сигнала на фоне белого шума

8. Спектральный анализ. Спектр мощности, метод минимальной дисперсии (метод Кейпона).
9. Метод спектрального оценивания MUSIC.
10. MIMO-системы, модели, математическое представление
11. Разнесенный прием
12. Пропускная способность. Пропускная способность MIMO-системы без знания канала
13. Пропускная способность MIMO-системы со знания канала. Оптимальное распределение мощности
14. Прием сигналов в MIMO-системе. Метод наименьших квадратов и минимума средне-квадратической ошибки
15. Прием сигналов в MIMO-системе. Метод максимального правдоподобия. Сферический декодер
16. Выпуклая оптимизация. Задачи безусловной оптимизации. Градиентный алгоритм
17. Линейное и квадратичное программирование. Метод внутренней точки
18. Оптимизация ресурсов сети
19. Прекодер в системе massive MIMO
20. Метод разреженных представлений. Постановка задачи. Оптимизация нормы нулевого порядка
21. Приближенные алгоритмы поиска разреженных решений.
22. Примеры задач с применением метода разреженных представлений
23. Распределенная обработка сигналов. Алгоритм консенсуса
24. Сигналы на графах. Преобразование Фурье, фильтрация на графах
25. Линейная регрессия. Регуляризация
26. Классификация. Методы бинарной линейной классификации
27. Обучение без учителя: кластеризация, снижение размерности
28. Модель нейрона. Обучение нейрона. Примеры задач
29. Архитектуры сетей. Обучение сети прямого распространения