

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»**

---

Радиофизический факультет  
(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО  
президиумом Ученого совета ННГУ  
протокол от  
«31» мая 2023 г. № 6

**Рабочая программа дисциплины**

Методы пространственной обработки  
сигналов

---

*(наименование дисциплины (модуля))*

Уровень высшего образования  
магистратура

---

*(бакалавриат / магистратура / специалитет)*

Направление подготовки / специальность

02.04.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии

---

*(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)*

Направленность образовательной программы

Автоматизация научных исследований

---

*(указывается профиль / магистерская программа / специализация)*

Форма обучения

очная

---

*(очная / очно-заочная / заочная)*

Нижегород

2023год

## 1. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина *Б1.В.ДВ.05.01 Методы пространственной обработки сигналов* относится к части ООП направления подготовки *02.04.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии*, формируемой участниками образовательных отношений.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции* (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине**	
<b>ПК-1</b>  <i>Способность руководить научными исследованиями и опытно-конструкторскими разработками в области информатики и информационных технологий (ФИИТ) и формировать их новые направления в области профессиональной деятельности.</i>	<b>ПК-1.1</b> <i>Знает проблематику и методы научных исследований и опытно-конструкторских разработок в области ФИИТ применительно к профессиональной деятельности</i>	<i>Знание основных разделов современной теории обработки сигналов в приемных антенных системах; Знание особенностей приема и обработки пространственно-временных сигналов в различных средах (свободном пространстве, неоднородных средах, случайно-неоднородных средах).</i>	<i>Собеседование, разноуровневые задачи и задания</i>
	<b>ПК-1.2</b> <i>Имеет навыки выполнения научных исследований и опытно-конструкторских разработок в области ФИИТ применительно к профессиональной деятельности.</i>	<i>Умение анализировать физические аспекты теории для решения практических задач радио- и гидролокации.</i>	<i>Собеседование, разноуровневые задачи и задания</i>
	<b>ПК-1.3</b> <i>Имеет навыки руководства исследованиями и опытно-конструкторскими разработками в области ФИИТ применительно к профессиональной деятельности, и формирования их новых направлений</i>	<i>Умение использовать полученные знания при решении практических задач радио- и гидролокации.</i>	<i>Собеседование, разноуровневые задачи и задания</i>

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	<b>очная форма обучения</b>
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>4 ЗЕТ</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>144</b>
<b>в том числе</b>	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b> - занятия лекционного типа - занятия семинарского типа ( практические занятия / лабораторные работы)	<b>32</b>
<b>самостоятельная работа</b>	<b>65</b>
<b>КСР</b>	<b>47</b>
<b>Промежуточная аттестация – экзамен/зачет</b>	<b>экзамен</b>

#### 3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе				
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		из них				
	Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего		
	Очная	Очная	Очная	Очная	Очная	Очная
1. Введение Краткий обзор проблематики курса. Основные задачи теории пространственной обработки сигналов. Классификация антенн с обработкой сигналов.	9	4			4	5
2. Многоэлементная антенная решетка как пространственный фильтр сигналов. Диаграмма направленности антенной решетки (расчет и основные свойства).						
2.1. Прием сигналов с помощью протяженных	22	7			7	15

(многоэлементных) антенных решеток. Расчет диаграммы направленности антенной решетки по заданной функции амплитудно-фазового распределения элементов. Физическая интерпретация полученных выражений, аналогии с задачами анализа дифракционных решеток и частотной фильтрации сигналов.						
2.2. Основные свойства диаграммы направленности антенных решеток. Влияние взаимного положения элементов, фазового и амплитудного распределений на направленные свойства антенных решеток. Фазируемые антенные решетки. Динамические антенные решетки.	22	7			7	15
<b>3. Методы пространственной обработки сигналов на фоне помех в различных средах распространения</b>						
3.1. Основные физические модели принимаемых сигналов. Критерии эффективности пространственной обработки. Связь с общей теорией принятия решений.	9	3			3	6
3.2. Когерентность волновых полей. Связь пространственного (углового) спектра принимаемого сигнала и спектральных свойств матрицы его пространственных корреляций на элементах решетки. Модельные примеры.	9	3			3	6
3.3. Оптимальная обработка полностью когерентных сигналов на фоне помех. Основные расчетные выражения и физическая интерпретация решений.	9	3			3	6
3.4. Оптимальная обработка частично-когерентных сигналов. Основные расчетные выражения и физическая интерпретация решений.	9	3			3	6
3.5. Элементы теории адаптивных антенных решеток. Связь и аналогии с задачами адаптивной оптики.	8	2			2	6
<b>Итого</b>	<b>97</b>	<b>32</b>			<b>32</b>	<b>65</b>

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий групповых или индивидуальных консультаций.

#### **4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

1. Еженедельный контроль посещаемости аудиторных занятий.
2. Еженедельно текст каждой прочитанной лекции предлагается студентам для стимулирования самостоятельной внеаудиторной работы.
3. Подготовка к проведению семинаров по современным проблемам радиофизики в форме внеаудиторной работы с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

## 5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю),

включающий:

### 5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала.  Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений . Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения.  Имели место грубые ошибки.	Продemonstrированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	Продemonstrированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи . Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки.  Имели место грубые	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми	Продemonстрированы базовые навыки  при решении стандартных задач с некоторыми	Продemonстрированы базовые навыки  при решении стандартных задач без ошибок и	Продemonстрированы навыки  при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

	обучающего от ответа	ошибки.	недочетами	недочетами	недочетов.		
--	-------------------------	---------	------------	------------	------------	--	--

### Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
	<b>превосходно</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне, выше предусмотренного программой
<b>зачтено</b>	<b>отлично</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	<b>очень хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	<b>хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
	<b>удовлетворительно</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
<b>не зачтено</b>	<b>неудовлетворительно</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	<b>плохо</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

## 5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения.

### 5.2.1 Контрольные вопросы

вопросы	Код формируемой компетенции
1. Классификация антенн с обработкой сигналов.	ПК-1
2. Диаграмма направленности антенной решетки. Зависимость диаграммы направленности от числа элементов и межэлементного расстояния.	ПК-1
3. Влияние фазового распределения антенной решетки на ее направленные свойства. Фазированная антенная решетка.	ПК-1
4. Влияние амплитудного распределения антенной решетки на ее направленные свойства.	ПК-1
5. Динамические антенные решетки. Пространственно-временная	ПК-1

фильтрация широкополосных сигналов.	
6. Классификация задач пространственной обработки сигналов на фоне помех.	ПК-1
7. Критерии эффективности пространственной обработки. Отношение сигнал/шум, коэффициент усиления антенной решетки.	ПК-1
8. Функция и матрица когерентности принимаемого сигнала. Масштаб когерентности.	ПК-1
9. Спектральные свойства матрицы когерентности принимаемого сигнала. Разложение частично-когерентного сигнала в собственном ортогональном базисе.	ПК-1
10. Модель частично-когерентного сигнала в виде плоской волны с флуктуирующим углом прихода. Анализ функции когерентности и спектра собственных значений корреляционной матрицы.	ПК-1
11. Модель частично-когерентного сигнала в виде набора плоских волн со случайными амплитудами. Анализ функции когерентности и спектра собственных значений корреляционной матрицы.	ПК-1
12. Постановка задачи оптимизации пространственной обработки сигнала на фоне помех. Общие выражения для оптимальной обработки.	ПК-1
13. Оптимальная пространственная обработка сигнала в виде плоской волны на фоне помех дискретного углового спектра. Физическая интерпретация решения.	ПК-1
14. Оптимальная пространственная обработка частично-когерентного сигнала на фоне помех. Физическая интерпретация решения.	ПК-1
15. Постановка задачи адаптивной пространственной обработки. Критерии эффективности адаптивной обработки. Связь методов оптимальной и адаптивной пространственной обработки сигналов.	ПК-1

### 5.2.2. Проведение семинаров

Для стимулирования самостоятельной работы обучающихся предусмотрено проведение интерактивных форм занятий в виде семинаров по современным проблемам радиофизики в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Монзинго Р. А., Миллер Т. У. - Адаптивные антенные решетки: введение в теорию. - М.: Радио и связь, 1986. - 446 с.

2. Смартышев М. Д., Добровольский Ю. Ю. - Гидроакустические антенны: справочник по расчету направл. свойств гидроакуст. антенн. - Л.: Судостроение, 1984. - 300 с.

3. Справочник по радиолокации: пер. с англ. : в 4 т. Т. 2. - М.: Советское радио, 1977. - 406 с.

4. Пистолькорс А. А., Литвинов О. С. - Введение в теорию адаптивных антенн. - М.: Наука, 1991. - 199, [1] с.

5. Петрова И.Э., Орлов А.В. *Оценка сформированности компетенций. Учебно-методическое пособие. Нижний Новгород: ННГУ, 2016. 48 с.*

6. *Методические материалы по определению процедур оценивания сформированности компетенций*/. Составители: Болховская О.В., Горбунов А.А., Грибова Е.З. и др. Учебно-методическое пособие. Н. Новгород: ННГУ, 2017 [Электронный ресурс]. URL: [http://www.unn.ru/books/met\\_files/met\\_mat\\_Mil.pdf](http://www.unn.ru/books/met_files/met_mat_Mil.pdf). Рег. номер 1496.17.04 (дата обращения 29.05.2017).

б) дополнительная литература:

1. Журавлев А. К., Лукошкин А. П., Поддубный С. С. - Обработка сигналов в адаптивных антенных решетках. - Л.: Изд-во ЛГУ, 1983. - 239 с.

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: экран, проектор, ноутбук, колонки.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 02.04.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии (утвержден Приказом Минобрнауки России 23.08.2017 N 811).

Автор Малеханов А.И.

Рецензент Гавриленко В.Г.

Заведующий кафедрой Кудрин А.В.

Программа одобрена на заседании методической комиссии радиофизического факультета

от «25» мая 2023 года, протокол № 04/23.