

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ В.Ф. УТКИНА»

Кафедра «Радиотехнические устройства»

«СОГЛАСОВАНО»
Директор ИМиА
 / Бодров О.А.
«26» 06 20 20 г

«УТВЕРЖДАЮ»
Проректор РОПиМД
 / Корячко А.В.
«26» 06 20 20 г

Руководитель ОПОП ВО
 / Кошелев В.И.
«26» 06 20 20 г



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.О.09 «АДАПТИВНАЯ ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ОБРАБОТКА
СИГНАЛОВ»

Направление
11.04.01 Радиотехника

Направленность (профиль) подготовки
Радиотехнические системы локации, навигации и радиоэлектронной борьбы

Уровень подготовки
Академическая магистратура

Квалификация выпускника – магистр

Формы обучения – очная, очно-заочная

Рязань 2020

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки (специальности) 11.04.01 «Радиотехника», утвержденного Приказом Минобрнауки России от 19.09.2017 № 925.

Разработчик
зав. кафедрой РТУ

Ю.Н. Паршин

Рассмотрена и утверждена на заседании кафедры 28.11.2019 г., протокол № 4

Заведующий кафедрой РТУ

Ю.Н. Паршин

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является подготовка специалистов к разработке систем и устройств обработки сигналов в антенных решетках на фоне помех в условиях статистической априорной неопределенности.

Задачи:

- ознакомить студентов с различными аспектами адаптивной обработки сигналов в антенных решетках: оптимальной пространственной обработки, принципами адаптации, методами и алгоритмами адаптации, анализом эффективности адаптивных алгоритмов обработки,
- освоение обучающимися навыков разработки алгоритмов адаптивной пространственной обработки сигналов, применения языков программирования для реализации алгоритмов.

Перечень основных задач профессиональной деятельности выпускников (по типам)

Область профессиональной деятельности (по Реестру Минтруда)	Типы задач профессиональной деятельности	Задачи профессиональной деятельности	Объекты профессиональной деятельности (или области знания)
Об Связь, информационные и коммуникационные технологии	научно-исследовательский	Анализ научно-технической проблемы на основе подбора и изучения литературных и патентных источников; математическое и компьютерное моделирование радиоэлектронных устройств и систем с целью оптимизации (улучшения) их параметров; разработка методики и проведение исследований и измерений параметров и характеристик изделий электронной техники, анализ их результатов; разработка физических и математических моделей, компьютерное моделирование исследуемых физических процессов, приборов, схем и устройств, относящихся к профессиональной сфере; подготовка научно-технических отчетов, обзоров, рефератов, публикаций по	Радиолокация, радиосвязь, радиоуправление, радионавигация, лазерная техника, антенная техника, радиоэлектронные системы космических комплексов, бортовые радиоэлектронные системы ракетно-космической техники, гидроакустические системы и комплексы, эксплуатация авиационных радиоэлектронных систем и комплексов связи, проектирование и технология радиоэлектронных систем и комплексов

		результатам выполненных исследований, подготовка и представление докладов на научные конференции и семинары; фиксация и защита объектов интеллектуальной собственности.	
проектный	Проведение технико-экономического обоснования проектов; сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения; расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования; разработка и согласование технических заданий на проектирование технических условий, 11 программ и методик испытаний радиоэлектронных устройств и систем; разработка структурных и функциональных схем радиоэлектронных систем и комплексов, принципиальных схем устройств с использованием средств компьютерного проектирования, проведением проектных расчетов и технико-экономическим обоснованием	Радиолокация, радиосвязь, радиоуправление, радионавигация, лазерная техника, антенная техника, радиоэлектронные системы космических комплексов, бортовые радиоэлектронные системы ракетно-космической техники, гидроакустические системы и комплексы, эксплуатация авиационных радиоэлектронных систем и комплексов связи, проектирование и технология радиоэлектронных систем и комплексов	

		принимаемых решений; подготовка конструкторской и технической документации, включая инструкции по эксплуатации, программы испытаний и технические условия	
--	--	--	--

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина Б1.Б.Д.09 «Адаптивная пространственная обработка сигналов» относится к дисциплинам обязательной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» основной профессиональной образовательной программы (далее – образовательной программы) магистратуры «Беспроводные технологии в радиотехнических системах и устройствах» направления 11.04.01 «Радиотехника».

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: математика, изучаемых в средней школе.

Для освоения дисциплины обучающийся должен:

знать:

– основные методы статистической радиотехники, теории радиотехнических сигналов и цепей, антенн и устройств СВЧ, информатики, изучаемых при получении высшего образования - бакалавриат;

уметь:

– производить расчеты, пользуясь методами и средствами математики, радиотехники и анализировать полученные результаты;

владеть:

– навыками, методами и приемами математики, радиотехники, информатики.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при изучении следующих дисциплин: «Методы и алгоритмы пространственно-временной обработки сигналов», «Обработка сигналов и изображений в РЛС с синтезированной апертурой», и при выполнении выпускной квалификационной работы.

Предметом изучения дисциплины являются методы и алгоритмы пространственной обработки сигналов в условиях помех при широком использовании антенных решеток и многоантенных систем.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО, ПООП (при наличии) по данному направлению подготовки, а также компетенций (при наличии), установленных университетом.

Общепрофессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения

Категория (группа) общепрофессиональных компетенций	Код и наименование общепрофессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения общепрофессиональной компетенции
	ОПК3 - способен приобретать и использовать	<u>Знать:</u> методы и алгоритмы адаптивной пространственной обработки сигналов.

	<p>новую информацию в своей предметной области, предлагать новые идеи и подходы к решению инженерных задач</p>	<p><u>Уметь:</u> использовать результаты изучения методов и алгоритмов адаптивной пространственной обработки сигналов в радиотехнике.</p> <p><u>Владеть:</u> навыками применения методов и алгоритмов адаптивной пространственной обработки сигналов в радиотехнике при решении инженерных задач.</p>
--	--	---

Обязательные профессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения (при наличии)

Задача ПД	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции	Обоснование (ПС, анализ опыта)
<p>Проведение технико-экономического обоснования проектов; сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения; расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования; разработка и согласование технических заданий на проектирование технических условий, программ и методик испытаний радиоэлектронных уст-</p>		<p>ПКЗ - способен разрабатывать и обеспечивать программную реализацию эффективных алгоритмов решения сформулированных задач с использованием современных языков</p>	<p><u>Знать:</u> методы создания алгоритмов адаптивной пространственной обработки сигналов.</p> <p><u>Уметь:</u> самостоятельно применять методы и алгоритмы адаптивной пространственной обработки сигналов в практической деятельности.</p> <p><u>Владеть:</u> навыками самостоятельного практического использования методов и алгоритмов адаптивной пространственной обработки сигналов в радиотехнике с использованием современных языков.</p>	<p>06.005 Инженер- радиоэлектронщик</p>

роиств и систем; разработка структурных и функциональных схем радиоэлектронных систем и комплексов, принципиальных схем устройств с использованием средств компьютерного проектирования, проведением проектных расчетов и технико-экономическим обоснованием принимаемых решений; подготовка конструкторской и технической документации, включая инструкции по эксплуатации, программы испытаний и технические условия				
---	--	--	--	--

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Объем дисциплины по семестрам (курсам) и видам занятий в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость (объем) дисциплины (модуля) составляет 4 зачетных единиц (ЗЕ).

Данная дисциплина (модуль) относится к обязательной части блока № 1. Дисциплина (модуль) изучается на 2 курсе в 3 семестре.

Вид учебной работы	Всего часов
Общая трудоемкость дисциплины, в том числе:	144
Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего), в том числе:	48
Лекции	24
Практические занятия	24
Самостоятельная работа обучающихся (всего), в том числе:	96
Экзамены и консультации	54
Консультации в семестре	6
Самостоятельные занятия	36
Вид промежуточной аттестации обучающихся – Экзамен	

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

В структурном отношении программа представлена следующими модулями:

1 модуль. Основные понятия обработки сигналов в антенных решетках.

2 модуль. Адаптивные алгоритмы обработки сигналов.

3 модуль. Компенсация погрешностей адаптивных антенных решеток.

№ п/п	Тема	Общая трудоемкость, всего часов	Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа обучающихся
			всего	лекции	практические занятия	
1	2	3	4	5	6	7
	3-й семестр	144	48	24	24	96
	1-й модуль Основные понятия обработки сигналов в антенных решетках	46	16	8	8	30
1.1	Основные понятия обработки сигналов в антенных решетках	23	8	4	4	15
1.2	Оптимальная обработка сигналов в антенных решетках.	23	8	4	4	15
	2-й модуль. Адаптивные алгоритмы обработки сигналов	74	24	12	12	50
2.1	Алгоритмы адаптации	18	6	3	3	12
2.2	Градиентные алгоритмы адаптации	18	6	3	3	12
2.3	Адаптивные процессоры	18	6	3	3	12
2.4	Обращение выборочной ковариационной матрицы	20	6	3	3	14
	3-й модуль Компенсация погрешностей адаптивных антенных решеток	24	8	4	4	16
3.1	Компенсация основных погрешностей	12	4	2	2	8
3.2	Перспективные методы обработки	12	4	2	2	8
	Экзамен					

4.3 Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Раздел дисциплины (модуля)	Содержание раздела
Модуль 1. Основные понятия обработки сигналов в антенных решетках	
1.1. Основные понятия обработки сигналов в антенных решетках	Основные элементы, формулировка задач, техническая реализация. Условия приема сигнала, техническая реализация,

ках	характеристики антенной решетки. Влияние различных факторов на эффективность подавления помех в антенной решетке. Обработка узкополосных и широкополосных сигналов.
1.2. Оптимальная обработка сигналов в антенных решетках.	Оптимальная обработка сигналов в антенных решетках. Математические модели сигнала. Обработка узкополосных сигналов. Обработка широкополосных сигналов. Обработка сигналов в сложных условиях распространения.
2-й модуль. Адаптивные алгоритмы обработки сигналов	
2.1. Алгоритмы адаптации	Градиентные алгоритмы адаптации. Алгоритм минимизации среднего квадрата ошибки.
2.2. Градиентные алгоритмы адаптации	Дифференциальный алгоритм наискорейшего спуска. Ускоренный градиентный алгоритм. Градиентный алгоритм с ограничениями.
2.3. Адаптивные процессоры	Адаптивный процессор Хауэлса-Аппельбаума. Пример двухэлементной антенной решетки с одним контуром управления. Многоэлементная антенная решетка.
2.4. Обращение выборочной ковариационной матрицы	Непосредственное обращение выборочной ковариационной матрицы. Рекуррентные методы обработки сигналов в антенных решетках. Каскадные предпроцессоры. Алгоритмы случайного поиска.
3-й модуль. Компенсация погрешностей адаптивных антенных решеток	
3.1. Компенсация основных погрешностей	Компенсация погрешностей адаптивных антенных решеток. Широкополосная обработка сигналов. Компенсация эффектов многолучевого распространения. Компенсация межканального рассогласования.
3.2. Перспективные методы обработки	Оценивание спектра методом максимума энтропии. Последовательная реализация оптимальной обработки сигналов антенной решетки. частично адаптивные антенные решетки.

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

5.1. Адаптивные антенные решетки. Часть 1 [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.А. Григорьев [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Университет ИТМО, 2016. — 181 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/65764.html>

5.2. Адаптивные антенные решетки. Часть 2 [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.А. Григорьев [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Университет ИТМО, 2016. — 121 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/65765.html>

5.3. Джиган В.И. Адаптивная фильтрация сигналов [Электронный ресурс] : теория и алгоритмы / В.И. Джиган. — Электрон. текстовые данные. — М. : Техносфера, 2013. — 528 с. — 978-5-94836-342-4. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/26889.html>

5.4. Баланис К.А. Введение в смарт-антенны [Электронный ресурс] / К.А. Баланис. — Электрон. текстовые данные. — М. : Техносфера, 2012. — 200 с. — 978-5-94836-312-7. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16972.html>

5.5. Паршин, Ю.Н. Пространственное формирование и обработка сигналов : метод. указ. к лаб. работам / РГРТУ. - Рязань, 2017. - 56с. - Библиогр.: с.55-56 (9 назв.). - Б/ц.

5. 6. Паршин, Ю.Н. Компенсация помех в бортовых РЛС : Учеб.пособие / РГРТУ. - Рязань, 2007. - 72с. - Библиогр.:с.69-70 (22 назв.).

5.7. Пистолькорс, А.А., Литвинов О.С. Введение в теорию адаптивных антенн / Акад.наук СССР.Отд-ние общ.физики и астрон. - М.:Наука, 1991. - 200с. - Список лит.:с.196-197(39 назв.). - ISBN 5-02-000128-7

6. Перечень практических занятий

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тема практического занятия
1	1.1	Модели сигналов и помех в антенной решетке
2	1.2	Статистические свойства сигналов и помех в АР
3	2.1	Оптимальная обработка сигналов и компенсация помех в АР
4	2.2	Оптимальная винеровская фильтрация и компенсация помех
5	2.2	Оптимальная марковская фильтрация и компенсация помех
6	2.3	Адаптивная фильтрация и компенсация помех
7	2.3	Эффективность компенсации помех
8	2.3	Обработка сигналов в антенной решетке по критерию минимума среднего квадрата ошибки
9	2.4	Обработка сигналов в антенной решетке по критерию максимума отношения сигнал-помеха
11	2.4	Защита диаграммы направленности антенной решетки от искажений при пространственной компенсации помех
11	2.4	Градиентный алгоритм адаптивной подстройки компенсатора помех
12	3.1	Алгоритмы адаптации компенсатора помех методом линейного случайного поиска
13	3.1	Алгоритмы адаптации компенсатора помех методом непосредственного обращения матрицы корреляции
14	3.2	Рекуррентный алгоритм адаптации компенсатора помех

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Основная учебная литература:

1. Адаптивные антенные решетки. Часть 1 [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.А. Григорьев [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Университет ИТМО, 2016. — 181 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/65764.html>

2. Адаптивные антенные решетки. Часть 2 [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.А. Григорьев [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Университет ИТМО, 2016. — 121 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/65765.html>

3. Джиган В.И. Адаптивная фильтрация сигналов [Электронный ресурс] : теория и алгоритмы / В.И. Джиган. — Электрон. текстовые данные. — М. : Техносфера, 2013. — 528 с. — 978-5-94836-342-4. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/26889.html>

4. Баланис К.А. Введение в смарт-антенны [Электронный ресурс] / К.А. Баланис. — Электрон. текстовые данные. — М. : Техносфера, 2012. — 200 с. — 978-5-94836-312-7. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16972.html>

5. Паршин, Ю.Н. Пространственные формирование и обработка сигналов : метод. указ. к лаб. работам / РГРТУ. - Рязань, 2017. - 56с. - Библиогр.: с.55-56 (9 назв.). - Б/ц.

6. Паршин, Ю.Н. Компенсация помех в бортовых РЛС : Учеб.пособие / РГРТУ. - Рязань, 2007. - 72с. - Библиогр.:с.69-70 (22 назв.).

Дополнительная учебная литература:

7. Захаров В.Е. Оптимальный прием и обработка сигналов [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.Е. Захаров. — Электрон. текстовые данные. — Калининград: Балтийский федеральный университет им. Иммануила Канта, 2005. — 161 с. — 5-88874-595-2. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/23895.html>

8. Рабинович Е.В. Методы и средства обработки сигналов [Электронный ресурс] : учебное пособие / Е.В. Рабинович. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2009. — 144 с. — 978-5-7782-1273-2. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/44959.html>

9. Щетинин Ю.И. Анализ и обработка сигналов в среде MATLAB [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю.И. Щетинин. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2011. — 115 с. — 978-5-7782-1807-9. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/44896.html>

10. Пистолькорс, А.А., Литвинов О.С. Введение в теорию адаптивных антенн / Акад.наук СССР. Отд-ние общ. физики и астрон. - М.: Наука, 1991. - 200с. - Список лит.: с. 196-197(39 назв.). - ISBN 5-02-000128-7

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

8.1. Рекомендации по планированию и организации времени, необходимого для изучения дисциплины

Рекомендуется следующим образом организовать время, необходимое для изучения дисциплины:

Изучение конспекта лекции в тот же день, после лекции – 10-15 минут.

Изучение конспекта лекции за день перед следующей лекцией – 10-15 минут.

Изучение теоретического материала по учебнику и конспекту – 1 час в неделю.

8.2. Описание последовательности действий студента

При изучении дисциплины очень полезно самостоятельно изучать материал, который еще не прочитан на лекции. Для понимания материала и качественного его усвоения рекомендуется такая последовательность действий:

1). После прослушивания лекции и окончания учебных занятий, при подготовке к занятиям следующего дня, нужно сначала просмотреть и обдумать текст лекции, прослушанной сегодня (10-15 минут).

2). При подготовке к лекции следующего дня, нужно просмотреть текст предыдущей лекции, подумать о том, какая может быть тема следующей лекции (10-15 минут).

В течение недели выбрать время (1-час) для работы с литературой по в библиотеке.

8.3. Рекомендации по работе с литературой

Теоретический материал курса становится более понятным, когда дополнительно к прослушиванию лекции и изучению конспекта, изучаются и книги по педагогике высшей школы. Литературу по курсу рекомендуется изучать в библиотеке. Полезно использовать несколько учебников по курсу. Рекомендуется после изучения очередного параграфа ответить на несколько простых вопросов по данной теме.

Для освоения дисциплины требуется предварительная подготовка в области статистической теории радиосистем. Желательно начальное знакомство с основами программного пакета MatLab. Обязательное условие успешного усвоения курса – большой объем самостоятельно проделанной работы.

9. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Для освоения дисциплины используются:

1) лекционная аудитория, оборудованная средствами отображения презентаций и других лекционных материалов на экран;

2) классы для проведения лабораторных и практических занятий;

3) дисплейный класс, оснащенный ПЭВМ с установленными операционными системами Microsoft Windows XP (или выше) и программой MatLab, для проведения практических занятий в виртуальной среде MatLab.

Программа составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования по направлению подготовки 11.04.01 «Радиотехника», квалификация выпускника – магистр, форма обучения – очная.

Программу составил
д.т.н., профессор

Ю.Н. Паршин

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры радиотехнических устройств (протокол № 4 от 28.11.2019).

Заведующий кафедрой
радиотехнических устройств
д.т.н., профессор

Ю.Н. Паршин