

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Радиофизический факультет

УТВЕРЖДЕНО  
решением президиума Ученого совета ННГУ  
протокол от  
«14» декабря 2021 г. № 4

**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

**Приём, анализ и обработка сигналов**

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

**специалитет**

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки

**11.05.02 Специальные радиотехнические системы**

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

**Прием, анализ и обработка сигналов системами специального  
назначения**

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Квалификация (степень)

**специалист**

(бакалавр / магистр / специалист)

Форма обучения

**очная**

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород  
2022

## 1. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП

Дисциплина «**Приём, анализ и обработка сигналов**» относится к обязательным дисциплинам базовой части Б1.Б основной образовательной программы «Специальные радиотехнические системы» по направлению подготовки 11.05.02 «Специальные радиотехнические системы» и является обязательной к освоению в 9 семестре 5 курса.

**Целями освоения дисциплины являются:**

- изучение и углубление математических методов описания адаптивных радиоэлектронных систем;
- освоение методов анализа и синтеза таких систем, исследование устойчивости их работы;
- изучение методов и подходов в области практических приложений теории адаптивных систем.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции (код компетенции, уровень освоения – при наличии в карте компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций
ПСК-6.1 способность применять современные средства приема, анализа и обработки сигналов Этап освоения <u>завершающий</u>	<i>З1 (ПСК-6.1) Знать</i> фундаментальные и прикладные основы адаптивных радиоэлектронных систем приема, анализа и обработки сигналов. <i>У1 (ПСК-6.1) Уметь</i> грамотно и свободно применять знания из области современных средств приема, анализа и обработки сигналов.
ПСК-6.4 способность выбирать рациональные системотехнические решения построения средств приема, анализа и обработки сигналов, удовлетворяющих заданным требованиям Этап освоения <u>завершающий</u>	<i>З1 (ПСК-6.4) Знать</i> принципы построения средств приема, анализа и обработки сигналов. <i>У1 (ПСК-6.4) Уметь</i> применять знания принципов построения средств приема, анализа и обработки сигналов в выборе рациональных системотехнических решений. <i>В1 (ПСК-6.4) Владеть</i> навыком выбора рационального системотехнического решения построения средств приема, анализа и обработки сигналов, удовлетворяющих заданным требованиям.
ПСК-6.5 способность разрабатывать предложения о совершенствовании средств приема, анализа и обработки сигналов Этап освоения <u>завершающий</u>	<i>З1 (ПСК-6.5) Знать</i> главные проблемы средств приема, анализа и обработки сигналов, а также способы их решения. <i>У1 (ПСК-6.5) Уметь</i> производить на основе усвоенных знаний предложения по усовершенствованию средств приема, анализа и обработки сигналов.
ПСК-6.6 способность проводить подбор, изучение, анализ и обобщение научно-технической информации, нормативных и методических материалов по методам приема, анализа и обработки сигналов	<i>З1 (ПСК-6.5) Знать</i> методику работы с научно-технической информацией. <i>З2 (ПСК-6.5) Знать</i> базовый материал по методам приема, анализа и обработки сигналов. <i>У1 (ПСК-6.5) Уметь</i> проводить подбор, изучение, анализ и обобщение научно-технической информации, нормативных и методических материалов по методам

<b>Формируемые компетенции</b> (код компетенции, уровень освоения – при наличии в карте компетенции)	<b>Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций</b>
Этап освоения <u>завершающий</u>	приема, анализа и обработки сигналов

### 3. Структура и содержание дисциплины «Приём, анализ и обработка сигналов»

#### Содержание дисциплины (модуля)

Объем дисциплины составляет 5 зачетных единиц, всего 180 часов, из которых 66 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (32 часа занятия лекционного типа, 32 часа практики, 2 часа – мероприятия текущего контроля успеваемости), 60 часов составляет самостоятельная работа обучающегося, 54 часа - мероприятия контроля.

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля),  форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе					Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них				Всего	
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа			
	Очная	Очная	Очная	Очная	Очная	Очная	Очная
Раздел 1. Методы оптимизации и адаптации. Примеры адаптивных радиоэлектронных систем	20	5	5		10	10	
Раздел 2. Градиентные адаптивные алгоритмы. Разновидности градиентных алгоритмов. Сходимость и устойчивость градиентных алгоритмов	20	5	5		10	10	
Раздел 3. Применение адаптивного линейного сумматора. Уравнение Винера-Хопфа. Декорреляция сигнала ошибки и входных сигналов	20	5	5		10	10	
Раздел 4. Многоканальный компенсатор комплексных сигналов. Основное уравнение. Декоррелятор Грама-Шмидта	20	5	5		10	10	

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля),  форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе				
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
	Очная	Очная	Очная	Очная	Очная	Очная
Раздел 5. Структуры декоррелятора и компенсатора помехи, синтезированные на осно-ве степенного базиса	22	6	6		12	10
Раздел 6 Адаптивные антенные решетки. Метод прямого обращения корреляционной матрицы. Регуляризация весового вектора в базисе степенных векторов	22	6	6		12	10
В т.ч. текущий контроль	2	2			2	
Промежуточная аттестация – экзамен						

#### 4. Образовательные технологии

Реализация компетентного подхода предусматривает использование в учебном процессе следующих форм проведения занятий.

При чтении лекций используется активная форма, заключающаяся в разборе конкретных ситуаций, возникающих при анализе рассматриваемых физических явлений (анализ корректности постановки задачи, выявление физического смысла полученного результата).

Основными видами образовательных технологий дисциплины являются лекции с применением технологий интерактивного обучения (презентаций) и самостоятельная работа студента.

Используются следующие **интерактивные формы** проведения занятий:

- предоставление студентам адресов необходимых Интернет–ресурсов;
- обмен со студентами адресами электронной почты для обеспечения оперативного взаимодействия;
- отправка студентам электронных писем, содержащих необходимые образовательные ресурсы (материалы к лекциям и лабораторным занятиям);
- предоставление студентам возможности обсуждения проблем, возникающих при освоении дисциплины, с использованием сети Интернет.

В рамках данного учебного курса предусмотрены встречи с представителями российских и зарубежных компаний Intel, Nokia и др. с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся, решения прикладных задач с помощью компьютерных симуляций, стимулирования внеаудиторной работы.

## 5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Используются виды самостоятельной работы студента: в читальном зале библиотеки, в учебных кабинетах (лабораториях), компьютерных классах, с доступом к ресурсам Интернет и в домашних условиях. Порядок выполнения самостоятельной работы соответствует программе курса и контролируется в ходе проведения лекционных занятий и в конце курса при проведении экзамена по данной дисциплине.

Во время лекций формулируются проблемы, которые студенты должны решить самостоятельно. На последующих лекциях проводится открытое обсуждение полученных результатов и даётся правильное решение.

Задания для проведения промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины (см. Раздел 6.4) выдаются студентам заранее. В случае необходимости проводятся индивидуальные консультации.

Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим рекомендованные учебники и учебно-методические пособия, а также конспекты лекций.

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

6.1. Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования:

Перечень формируемых в рамках дисциплины компетенций приведен в п.2: ПСК-6.1, ПСК-6.4, ПСК-6.5, ПСК-6.6.

Индикаторы компетенции	ОЦЕНКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ						
	плохо	Неудовлетворительно	Удовлетворительно	хорошо	Очень хорошо	отлично	Превосходно
<u>Знания</u>	Полное отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний из-за отказа 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>	Полное отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов.

Индикаторы компетенции	ОЦЕНКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ						
	плохо	Неудовлетворительно	Удовлетворительно	хорошо	Очень хорошо	отлично	Превосходно
<u>Навыки</u>	Полное отсутствие владения материалом. Невозможно оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач
Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий	0 – 20 %	20 – 50 %	50 – 70 %	70-80 %	80 – 90 %	90 – 99 %	100%

## 6.2. Описание шкал оценивания

Используется традиционная семибалльная шкала оценивания, утвержденная приказом ректора ННГУ от 10.10.2002 №229\_ОД.

№ пп	Оценка, её обозначение и соответствующий ей числовой балл	Определение (уровень подготовки, характеризуемый оценкой)	Средний % студентов, получивших указанную оценку
1	Превосходно (прев; 5,5)	Превосходная подготовка с очень незначительными погрешностями	10%
2	Отлично (отл; 5)	Подготовка, уровень которой существенно выше среднего с некоторыми ошибками	25%
3	Очень хорошо (очхор; 4,5)	В целом хорошая подготовка с рядом заметных ошибок	30%
4	Хорошо (хор; 4)	Хорошая подготовка, но со значительными ошибками	25%
5	Удовлетворительно (уд; 3)	Подготовка, удовлетворяющая минимальным требованиям	10%
6	Не удовлетворительно (неуд; 2)	Необходима дополнительная подготовка для успешного прохождения испытания	
7	Плохо (плох; 1)	Подготовка совершенно недостаточная	

6.3. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), характеризующих этапы формирования компетенций

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются следующие процедуры и технологии:

- письменные и устные ответы на вопросы.

Для оценивания результатов обучения в виде умений и владений используются следующие процедуры и технологии:

- *контрольные задания.*

Для проведения итогового контроля сформированности компетенции используется

- *устное собеседование.*

6.4. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенций.

Примеры контрольных вопросов для аттестации по итогам освоения дисциплины:

• Корреляционная матрица шума, принимаемого антенной решеткой. Каковы ее свойства?

• Как определить оптимальный весовой вектор для адаптивной антенной решетки?

• Адаптивный линейный сумматор и уравнение Винера-Хопфа.

• Градиентные алгоритмы оптимизации, условия сходимости.

• Представление оптимального весового вектора в базисе степенных векторов.

• Компенсатор помехи, коэффициент подавления помехи.

• Методы регуляризации в задачах адаптивной компенсации помех.

Положение «О проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ», утвержденное приказом ректора ННГУ от 13.02.2014 г. №55-ОД.

Положение о фонде оценочных средств, утвержденное приказом ректора ННГУ от 10.06.2015 №247-ОД.

## **7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **а) основная литература:**

1. Ермолаев В.Т., Флакман А.Г. Методы обработки сигналов в адаптивных антенных решетках и компенсаторах помехи. Учебное пособие. Н.Новгород: Издательство ННГУ. 2015. 194 с.

2. Ермолаев В.Т., Мальцев А.А., Флакман А.Г., Болховская О.В., Ключев А.В. Мобильная связь: вопросы теории и типовые задачи. Учебное пособие. Н.Новгород: Издательство ННГУ. 2014. 234 с.

### **б) дополнительная литература:**

1. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. Пер. с англ. – М.: Вильямс, 2003. 1104 с.

2. Тихонов В.И., Харисов И.Н. Статистический анализ и синтез радиотехнических устройств и систем. М.: Радио и связь, 1991.

3. Уидроу Б., Стирнз С. Адаптивная обработка сигналов, М.: Радио и связь, 1989.

4. Монзинго Р.А., Миллер Т.У, Адаптивные антенные решетки. Введение в теорию. М.; Радио и связь, 1986.

5. Журавлев А.К., Лукошкин А.П., Поддубный С.С. Обработка сигналов в адаптивных антенных решетках. Л.; Изд. Лен. универ., 1983.

6. Ширман Я.Д., Манжос В.Н. Теория и техника обработки радиолокационной информации на фоне помех. М.: Радио и связь, 1981.

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

- аудиторный фонд ННГУ,
- мультимедийный проектор.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО/ВО с учетом рекомендаций и ОПОП ВПО по направлению **11.05.02 «Специальные радиотехнические системы»** (специалитет).

Автор \_\_\_\_\_ д.т.н., профессор Ермолаев В.Т.  
Рецензент \_\_\_\_\_ д.т.н., профессор Орлов И.Я.  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ к.т.н., Фитасов Е.С

Программа одобрена на заседании методической комиссии радиофизического факультета