МИНИСТЕРСТВО ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ, СВЯЗИ И МАССОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Ордена Трудового Красного Знамени
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Московский технический университет связи и информатики»

УТВЕРЖДАЮ:
Декан факультета РиТ

«26» марта 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

РАДИОЛОКАЦИЯ И РАДИОНАВИГАЦИЯ

(наименование дисциплины по учебному плану)

Научная специальность
2.2.16. Радиолокация и радионавигация

Отрасль науки: **технические науки**

Курс 2
Семестры 3,4

Форма обучения: **очная**

Год начала подготовки: **2023**

Москва, 2023

Рабочая программа дисциплины «Радиолокация и радионавигация» (далее - РЛРН) составлена в соответствии с Федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов, утвержденными приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20 октября 2021 г. № 951.

Разработчик программы:
доцент кафедры «Безопасность телекоммуникаций»,
кандидат технических наук Е.В. Уханов _____
(Должность, ученая степень (ученое звание), , инициалы и фамилия разработчика(ов)) *подпись*

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры «Радиооборудование и схемотехника»

Протокол № ____ от «_____» _____ 20_____ г.

Заведующий кафедрой РОС,
доктор технических наук, профессор А.В. Пестряков _____
(сокращенное наименование кафедры, *инициалы и фамилия заведующего)* *подпись*

Рабочая программа хранится на кафедре РОС и в отделе аспирантуры.

1. Цели освоения дисциплины

1.1. Цель преподавания дисциплины «Радиолокация и радионавигация» - обеспечить аспирантов знаниями и умениями в области:

- принципов и методов в радиолокации и радионавигации, описания рассеивающих свойств радиолокационных объектов;
- методов и устройств измерения дальности, угловых координат, скорости и других параметров движения объектов;
- методов и устройств первичной и вторичной обработки радиолокационной и радионавигационной информации;
- методов и устройств борьбы с активными и пассивными помехами;

для реализации способностей приобретать и использовать новую информацию в своей области РЛРН, предлагать новые идеи и подходы к решению научных задач, а также выполнять моделирование объектов и процессов с целью анализа и оптимизации их параметров с использованием имеющихся средств исследований, включая стандартные пакеты прикладных программ.

1.2. Задачи дисциплины. Основной задачей дисциплины "РЛРН" является формирование у аспирантов компетенций в части способностей приобретать и использовать новую информацию в своей области РЛРН, предлагать новые идеи и подходы к решению научных задач, а также выполнять моделирование объектов и процессов с целью анализа и оптимизации их параметров с использованием имеющихся средств исследований, включая стандартные пакеты прикладных программ на основе принципов и методов функционирования радиолокационных и радионавигационных устройств и систем, представления о методах измерения координат и параметров движения радиолокационных целей. Кроме того, в ходе дисциплины рассматриваются основные тенденции развития теории РЛРН, а также перспективы создания новых образцов радиолокационных и радионавигационных средств

2. Место дисциплины в структуре программы аспирантуры

Дисциплина «РЛРН» является специальной дисциплиной образовательного компонента учебного плана. Дисциплина «РЛРН» реализуется в соответствии с требованиями ФГТ, ОП и Учебного плана по научной специальности 2.2.16 Радиолокация и радионавигация.

При освоении дисциплины РЛРН требуются следующие «входные»

- знания теории генерации, приёма и обработки радиосигналов различного вида и формы, основ распространения радиоволн;
- умения подбирать параметры радиосигналов, радиоаппаратуры для решения различных задач радиотехники;
- навыки расчёта помехозащищённости радиоканалов.

Рабочая программа дисциплины «РЛРН» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

В результате изучения дисциплины «РЛРН» аспирант должен:

Знать:

- основные алгоритмы и соотношения РЛРН;
- методы обнаружения радиосигналов на фоне шумов и помех;
- методы измерения параметров движения объектов в РЛРН;
- основные алгоритмы обработки радиосигналов;
- методы борьбы с помехами в РЛРН;

для формулировки знаний о физических и математических моделях, и методах моделирования сигналов, процессов и явлений, лежащих в основе принципов действия радиотехнических устройств и систем.

Уметь:

- определять технические характеристики и параметры радиолокационных и радионавигационных устройств и систем;
- применять для исследований и моделирования радиолокационных и радионавигационных систем современную вычислительную технику;

для формулировки и решения задач, а также использования математического аппарата, численных методов для анализа, синтеза и моделирования радиотехнических устройств и систем.

Владеть:

- принципами построения устройств, систем и комплексов РЛРН;
- представлением о методах обнаружения радиолокационных объектов, измерений их координат и параметров движения;
- методами для реализации задач радионавигации объектов и технической реализацией устройств радионавигации в части реализации математического аппарата; для решения задач теоретической и прикладной радиотехники, методами исследования и моделирования объектов радиотехники.

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы (144 часа). Процесс изучения дисциплины реализуется при очной форме обучения в 3,4 семестрах. Промежуточная аттестация предусматривает зачет в 3-ем семестре и дифференцированный зачёт в 4-ом семестре.

4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зач. ед. (144 часа), их распределение по видам работ, семестрам представлено в таблице 1.

Таблица 1

Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Виды учебной работы	Трудоемкость (часы)		3-ий семестр (указание часов по семестрам)	4-ый семестр (указание часов по семестрам)
Аудиторные занятия (всего)	108		54	54
В том числе:				
Лекции	72		36	36
Практические занятия	36		18	18
Самостоятельная работа (всего)	36		18	18
Формы аттестации по дисциплине (зачет, экзамен)			зачет	дифференцированный зачёт
Общая трудоемкость дисциплины	Часы 144	ЗЕТ 4	72/2	72/2

4.2 Содержание дисциплины

Таблица 2

Тематический план учебной дисциплины

Наименование разделов и тем дисциплин (укрупнённо)	**Всего**	**Аудиторная работа**		**Внеаудиторная работа СР**
		Л	**ПЗ/С**	
3 семестр				18
Раздел 1 Теория радиолокации	28			
Раздел 2 Обзор пространства в радиолокации и радиолокационные методы измерения угловых координат	26			
Всего за 3 семестр	**54**			
Зачёт				
4 семестр				18
Раздел 3 Подходы и техника построения систем радиолокации	30			
Раздел 4 Теория и техника построения систем радионавигации	24			
Всего за 4 семестр	**54**			
Экзамен (при наличии)				
Итого по дисциплине	**144**			**36**

4.3 Лекции /практические/ занятия

Таблица 3

Содержание лекций /практических занятий

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных/ практических/ семинарских занятий	Формируемые компетенции	Кол-во часов
1.	**Раздел 1.** Теория радиолокации			**28**
	Тема 1. Методы радиолокационных измерений	Лекция № 1 Методы измерения дальности		4
		Лекция № 2 Методы измерения угловых координат, радиальной скорости		2
		Практическое занятие № 1 Многошкальные фазовые пассивные системы пеленгования		2
		Практическое занятие № 2 Устранение неоднозначности измерений		2
	Тема 2. Радиолокационные сигналы	Лекция № 3 Основные параметры и характеристики сигналов в радиолокации		4
		Лекция № 4 Понятие разрешающей способности в радиолокации		2
		Практическое занятие № 3 Основные параметры и характеристики сигналов в радиолокации.		2
		Практическое занятие № 4 Понятие разрешающей способности в радиолокации		2
	Тема 3 Обнаружение радиолокационных сигналов	Лекция№ 5 Основные математические модели радиосигналов в радиолокации		4
		Лекция№ 6 Теория выделения сигналов подвижных отражателей на фоне стационарных помех.		2
		Практическое занятие № 5 Построение обнаружителей радиолокационных сигналов		2
2.	**Раздел 2.** Обзор пространства в радиолокации и радиолокационные методы измерения угловых координат			**26**
	Тема 4. Методы обзора	Лекция № 7 Классификация методов обзора: параллельный, последовательный, параллельно-последовательный.		4
		Лекция№ 8 Виды последовательного обзора: круговой, винтовой, растровый.		2
		Практическое занятие № 6 Механическое и электронное сканирование антенного луча		2
	Тема 5 Схема радиолокатора	Лекция № 9 Основные расчетные соотношения при последовательном обзоре.		4
		Лекция № 10 Структурные схемы		2

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных/ практических/ семинарских занятий	Формируемые компетенции	Кол-во часов
		радиолокаторов с различными способами обзора.		
		Практическое занятие № 7 Классификация методов пеленгования.		2
	Тема 6. Пеленгование	Лекция №11 Одноканальные пеленгаторы: пеленгование по методу максимума, минимума.		4
		Лекция № 12 Методы амплитудного сравнения.		2
		Практическое занятие № 8 Принципы построения и классификация моноимпульсных пеленгаторов.		2
		Практическое занятие № 9 Влияние поверхности Земли на дальность действия РЛС		2
3.	**Раздел 3.** Подходы и техника построения систем радиолокации			30
	Тема 7 Импульсные дальномеры	Лекция № 10 Обобщенная структурная схема дальномера.		4.
		Лекция № 11 Потенциальная точность измерения дальности и радиальной скорости.		2
		Практическое занятие № 13 Импульсный метод измерения дальности.		2
		Практическое занятие № 14 Обобщенная структурная схема импульсного дальномера.		2
	Тема 8 Характеристики дальномеров	Лекция № 12 Пределы изменения, точность, разрешающая способность.		4
		Лекция № 13 Дальномеры с визуальной индикацией на ЭЛТ.		2
		Практическое занятие № 15 Двухшкальные системы.		2
		Практическое занятие № 16 Автосопровождение по дальности в режиме непрерывного слежения за целью.		2
	Тема 9. Сигналы в дальномерах	Лекция № 14 Цифровой съём данных в импульсных дальномерах.		4
		Лекция № 15 Применение в радиодальномерах сигналов сложной формы.		2
		Практическое занятие № 17 Сжатие импульсов.		2
		Практическое занятие № 18 Формирование и обработка ФКМ и ЛЧМ сигналов. Фазовые дальномеры		2
4.	**Раздел 4.** Теория и техника построения радионавигационных систем			24

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных/ практических/ семинарских занятий	Формируемые компетенции	Кол-во часов
	Тема 10 Требования к радионавигационным системам	Лекция № 16 Основная задача радионавигации.		4
		Лекция № 17 Классификация радионавигационных систем.		2
		Практическое занятие № 19 Тактико-технические требования к радионавигационным системам. Амплитудные радионавигационные устройства, радиомаяки, радиокомпас		2
	Тема 11 Виды навигации	Лекция № 18 Фазовые и импульсно-фазовые системы дальней навигации.		4
		Лекция № 19 Системы типа «Омега», «ЛоранС».		2
		Практическое занятие № 21 Системы посадки самолетов метрового и сантиметрового диапазонов волн. Спутниковые системы радионавигации. Обобщенная структурная схема СНР.		2
	Тема 12 Спутниковые радионавигационные системы	Лекция № 20 Низкоорбитальные СНРС первого поколения: система спутников, метод определения координат.		4
		Лекция № 21 Средневысотные СНРС второго поколения. Система спутников.		2
		Практическое занятие № 23 Методы определения координат. Принципы построения аппаратуры потребителя в СНРС типа «Глонасс», «Навстар».		2

5. Фонд оценочных средств

5.1. Контрольные вопросы и задания

1. Что является физической основой радиотехнических методов измерения дальности до объекта наблюдения?

2. Какой параметр принимаемой радиоволны несет информацию об ее «угле прихода»?

3. Что такое «пеленгование», какие существуют методы пеленгования?

4. Что является физической основой измерения радиальной скорости объекта наблюдения?

5. Какие факторы ограничивают дальность радиолокационного наблюдения?

6. Каков диапазон длин волн, используемых в радиолокации? Чем он определяется?

7. Что такое дальность действия РЛС?

8. Напишите основное уравнение радиолокации и поясните входящие в него величины.

9. Какие факторы, не учтенные в основном уравнении радиолокации, влияют на дальность действия РЛС у поверхности земли?

10. Что такое эффективная поверхность рассеяния (ЭПР) радиолокационной цели?

11. Как можно измерить ЭПР какого-либо заданного объекта?

12. Что такое флуктуации радиолокационных целей и каковы причины их появления?

13. Каким законом можно аппроксимировать плотность распределения вероятностей ЭПР реальных целей?

14. Как найти ЭПР отражений от земной поверхности?

15. Какие критерии оптимальности правил принятия решения о наличии или отсутствии сигнала Вам известны?

16. В чем заключаются соответствующие правила принятия решения?

17. Начертите структурную схему оптимального обнаружителя радиоимпульса с полностью известными параметрам, принимаемого на фоне нормального белого шума.

18. От каких параметров сигнала, помехи и схемы зависят вероятность правильного обнаружения и ложной тревоги?

19. Почему вероятность ложной тревоги обычно выбирают очень малой?

20. Каковы физические причины поглощения радиоволн в атмосфере?

21. Как коэффициент поглощения зависит от длины волны?

22. Что такое диаграмма видимости РЛС ?

23. Начертить примерный вид диаграммы видимости. Объяснить физическую природу ее лепестковой структуры.

24. Начертить на доске структурную схему импульсного дальномера с индикацией на электронно-лучевой трубке и пояснить его работу с помощью эпюр напряжений.

25. Перечислить источники погрешностей измерения дальности.

26. Что такое коэффициент ухудшения потенциальной точности?

27. Каковы пути уменьшения погрешности измерения дальности за счет несовершенства индикатора?

28. Что такое разрешающая способность по дальности?

29. Что такое разрешающая способность по дальности и радиальной скорости?

30. Что такое потенциальная разрешающая способность?

31. Почему реальная разрешающая способность по дальности отличается от потенциальной? 32. Что такое коэффициент ухудшения разрешающей способности?

33. Как связана разрешающая способность с функцией неопределенности?

34. Как строится аппаратура для оптимального разрешения по дальности и радиальной скорости?

35. Что такое радиолокационный обзор пространства?

36. Почему обычно обзор пространства рассматривается только по угловым координатам ? 37. Какие способы обзора пространства существуют?

38. Что такое коэффициент обзора?

39. Начертите укрупненную структурную схему РЛС кругового обзора и поясните ее работу с помощью эпюр напряжений в характерных точках.

40. Задачи и методы навигации.

41. Системы посадки самолетов сантиметрового диапазона. Принцип построения, состав наземной и бортовой аппаратуры.

42. Радиосистема ближней навигации самолетов VOR/DME. Принципы определения угла и расстояния, состав наземной и бортовой аппаратуры.

43. Доплеровская система автономной навигации самолетов. Принцип построения, характеристики сигналов.

44. Навигационный комплекс. Принципы комплексирования измерителей

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1 Основная литература

1. Штыков В. В. Введение в радиоэлектронику : учебник и практикум для вузов. — Москва : Изд. Юрайт, 2022. — 228 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://urait.ru/bcode/491152.

2. Нефедов В. И. Радиотехнические цепи и сигналы : учебник для СПО — Москва : Изд. Юрайт, 2022 on-line [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://urait.ru/bcode/490092.

6.2 Дополнительная литература

1. Гуляев Ю. В. Основы конструирования и технологии производства радиоэлектронных средств. Интегральные схемы : учебник для вузов. — Москва : Изд. Юрайт, 2022 on-line [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://urait.ru/bcode/490268.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Не предусмотрено.

8. Ресурсное обеспечение.

Кафедра «Радиооборудование и схемотехника» располагает кадровыми ресурсами, гарантирующими качество подготовки аспиранта по специальности 2.2.16. Радиолокация и радионавигация в соответствии с ФГТ.

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с достаточным количеством посадочных мест для учебной группы, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются мультимедийное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

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

1. Учебная аудитория для проведения лекционных занятий, укомплектованная специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: наборами демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, обеспечивающими тематические иллюстрации, соответствующие рабочей программе дисциплины.

2. Учебная аудитория для проведения практических занятий, укомплектованная специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: наборами демонстрационного оборудования и учебно-наглядных

пособий, обеспечивающими тематические иллюстрации, соответствующие рабочей программе дисциплины, оснащенная компьютерной техникой.

10. Методические рекомендации студентам по освоению дисциплины

Приступая к изучению дисциплины, студенту необходимо внимательно ознакомиться с тематическим планом занятий, списком рекомендованной литературы. Самостоятельная работа студента включает работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом. В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах; пользоваться через кабинет аспиранта на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

Аспиранты могут получать индивидуальные консультации, в т.ч. с использованием средств телекоммуникации.

УТВЕРЖДАЮ:
Декан факультета _____
_____
"____" _____202__ г.

Лист актуализации рабочей программы дисциплины

«_____»

наименование

для подготовки _____
Направление: (код, название направления/специальности)
Направленность (профиль): _____
Форма обучения: _____
Год начала подготовки: _____

Курс ____
Семестр _____
(Возможны следующие варианты):
[1]а) В рабочую программу не вносятся изменения. Программа актуализирована для 20__ г. начала подготовки.
б) В рабочую программу вносятся следующие изменения (указать на какой год начала подготовки):

1) ……..;
2) ……..;
3) ……

Разработчик (и): _____
(ФИО, ученая степень, ученое звание)
«__» _____20___г.

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры _____
_____ протокол № _____ от «__» _____20____г.
Заведующий кафедрой _____

Лист актуализации принят на хранение:

Заведующий выпускающей кафедрой *(наименование)* _____«__» _____ 20___г.

[1] Разработчик выбирает один из представленных вариантов.