

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»**

УТВЕРЖДЕНО

**Директор физтех-школы
радиотехники и компьютерных
технологий**

А.В. Дворкович

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Теоретические основы радиолокации
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Радиотехника и компьютерные технологии Физтех-школа Радиотехники и Компьютерных Технологий кафедра радиофизики и технической кибернетики
курс:	4
квалификация:	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 7 (осенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 30 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2

Программу составил: О.В. Ампилов, канд. техн. наук

Программа обсуждена на заседании кафедры радиофизики и технической кибернетики 09.04.2020

Аннотация

Знакомство с теоретическими основами радиолокации позволит понять ключевые проблемы создания радиолокационных систем, и технологии их решения. Изложение материалов ведётся на примерах реальных радиолокационных комплексов с привязкой к требованиям государственных стандартов.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

изучение основ теории современных систем и средств радиолокации.

Задачи дисциплины

- приобретение теоретических знаний о принципах построения систем радиолокации;
- приобретение базовых знаний в области анализа и моделирования характеристик систем и средств радиолокации;
- освоение навыков синтеза современных систем и средств радиолокации различного назначения;
- получение представления о способах и методах измерения характеристик систем радиолокации.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Анализирует задачу, выделяя этапы ее решения, действия по решению задачи
	УК-1.2 Находит, критически анализирует и выбирает информацию, необходимую для решения поставленной задачи
	УК-1.3 Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивает их преимущества и недостатки
	УК-1.4 Грамотно, логично, аргументированно формирует собственные суждения и оценки
	УК-1.5 Определяет и оценивает практические последствия возможных вариантов решения задачи
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения
	ОПК-1.2 Способен строить математические модели, производить количественные расчеты и оценки
	ОПК-1.3 Способен определять границы применимости полученных результатов
ОПК-4 Способен осуществлять сбор и обработку научно-технической и (или) технологической информации для решения фундаментальных и прикладных задач	ОПК-4.1 Владеет методами научного поиска и интеллектуального анализа информации при решении задач профессиональной деятельности
	ОПК-4.4 Владеет навыками работы с компьютером и компьютерными сетями с целью получения, хранения и обработки научной (технической, технологической) информации
ПК-4 Способен критически оценивать применимость используемых методик и методов	ПК-4.1 Знает численные порядки величин, характерных для соответствующей профессиональной области
	ПК-4.3 Способен обосновать причинно-следственные отношения используемых понятий и моделей

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны знать:

- ☐ основные понятия теории радиолокации;
- ☐ основополагающие характеристики систем радиолокации, характерные величины основных параметров;
- ☐ основные типы современных систем радиолокации;
- ☐ проблемы и тенденции развития систем радиолокации.

уметь:

- ☐ пользоваться своими знаниями для решения задач теории и техники радиолокации;
- ☐ производить численные оценки характеристик систем радиолокации;
- ☐ эффективно использовать информационные технологии и компьютерную технику для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов.

владеть:

- ☐ основными методами анализа систем радиолокации и расчета их характеристик
- ☐ навыками самостоятельной работы и получения специальной информации в Интернете;
- ☐ навыками грамотной обработки результатов численного расчета и моделирования и сопоставления с теоретическими данными.

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

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Принцип радиолокации. Современные системы радиолокации и их назначение.	2			3
2	Уравнение радиолокации.	4			3
3	Радиолокационные сигналы, функция неопределенности.	4			3
4	Обнаружение сигналов на фоне шумов, оценка их параметров. Траекторная обработка.	4			4
5	Цифровая обработка в современных радиолокационных станциях (РЛС).	4			4
6	Принципы построения РЛС различного назначения.	6			6
7	РЛС с активными фазированными решетками (АФАР).	2			3
8	Телеметрические комплексы.	4			4
Итого часов		30			30
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		90 час., 2 зач.ед.			

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 7 (Осенний)

1. Принцип радиолокации. Современные системы радиолокации и их назначение.

Принцип радиолокации. Эффект Доплера. Радиолокационные диапазоны частот. Краткий исторический очерк. Области применения и задачи, решаемые современными системами радиолокации.

2. Уравнение радиолокации.

Уравнение радиолокации. Отношение сигнал/шум. Коэффициент усиления антенны. Излучаемая мощность. Эффективная площадь рассеивания (ЭПР) – шара, радиолокационного объекта, земной/морской поверхности. Шумовая температура приемника. Шумовая температура антенны. Шумовая температура атмосферы. Полоса сигнала, полоса шума.

3. Радиолокационные сигналы, функция неопределенности.

Функция неопределенности. БЧМ импульс. Когерентная последовательность БЧМ импульсов. ФКМ последовательности. ЛЧМ импульс. Когерентная последовательность ЛЧМ импульсов. Инструментальная дальность. Сигналы для работы на фоне активных и пассивных помех. Автодинный метод.

4. Обнаружение сигналов на фоне шумов, оценка их параметров. Траекторная обработка.

Критерии обнаружения. Оптимальная и согласованная фильтрация. Адаптивные пороги обнаружения. Многоканальное (многомерное) адаптивное обнаружение.

5. Цифровая обработка в современных радиолокационных станциях (РЛС).

Основные этапы обработки радиолокационной информации. Алгоритмы сигнальной обработки. Алгоритмы первичной обработки. Алгоритмы вторичной обработки. Алгоритмы цифрового формирования ДН. Вычислительные средства реализации алгоритмов обработки радиолокационной информации.

6. Принципы построения РЛС различного назначения.

Принципы проектирования РЛС. РЛС на основе зеркальных антенн. РЛС на основе ФАР. Мобильные РЛС. Стационарные РЛС. Морские РЛС кругового обзора. Наземные обзорные РЛС. Наземные РЛС воздушного наблюдения. Наземные РЛС космического наблюдения. РЛС воздушного и космического базирования.

7. РЛС с активными фазированными решетками (АФАР).

Принципы построения РЛС с АФАР. Преимущества. Технологии.

8. Телеметрические комплексы.

Области применения и задачи, решаемые современными системами телеметрии. Телеметрические сигналы. Методы обработки телеметрических сигналов. Принципы построения телеметрических комплексов.

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

компьютер и мультимедийное оборудование (проектор, звуковая система).

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Справочник по радиолокации” Под ред. М. Скольника/Пер. с англ. М.: Сов. Ра-дио, 1977.
2. Ширман Я.Д., Манжос В.Н. “Теория и техника обработки радиолокационной информации на фоне помех” - М.: Радио и связь, 1981

Дополнительная литература

1. Морская радиолокация/ Под ред. В.И.Винокурова.- Л.: Судостроение, 1986.
2. Кравцов Ю.А, Фейзулин З.И., Виноградов А.Г. «Прохождение радиоволн через атмосферу Земли» - М.: Радио и связь, 1983

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

Не используются

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

На лекционных занятиях используются мультимедийные технологии, включая демонстрацию презентаций (Microsoft PowerPoint).

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

В ходе лекционных занятий студенту рекомендуется вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Своевременное и качественное выполнение самостоятельной работы способствует успешному освоению содержания дисциплины, которая включает в себя:

- проработку лекций с использованием конспекта и литературы, рекомендуемых данной программой;
- подготовку к контрольным, самостоятельным работам;
- подготовка к экзамену.

Также студент может дополнить список литературы современными источниками, не представленными в списке рекомендованной литературы, и в дальнейшем использовать учебные материалы при написании выпускной квалификационной работы.

Уровень проработки студентами прослушанных лекций контролируется преподавателем на лекционных занятиях. Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в результате анализа итогов контрольных, самостоятельных работ, а также индивидуальных консультаций.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Радиотехника и компьютерные технологии Физтех-школа Радиотехники и Компьютерных Технологий кафедра радиофизики и технической кибернетики
курс:	4
квалификация:	бакалавр
Семестр, формы промежуточной аттестации: 7 (осенний) - Экзамен	
Разработчик:	О.В. Ампилов, канд. техн. наук

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Анализирует задачу, выделяя этапы ее решения, действия по решению задачи
	УК-1.2 Находит, критически анализирует и выбирает информацию, необходимую для решения поставленной задачи
	УК-1.3 Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивает их преимущества и недостатки
	УК-1.4 Грамотно, логично, аргументированно формирует собственные суждения и оценки
	УК-1.5 Определяет и оценивает практические последствия возможных вариантов решения задачи
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения
	ОПК-1.2 Способен строить математические модели, производить количественные расчеты и оценки
	ОПК-1.3 Способен определять границы применимости полученных результатов
ОПК-4 Способен осуществлять сбор и обработку научно-технической и (или) технологической информации для решения фундаментальных и прикладных задач	ОПК-4.1 Владеет методами научного поиска и интеллектуального анализа информации при решении задач профессиональной деятельности
	ОПК-4.4 Владеет навыками работы с компьютером и компьютерными сетями с целью получения, хранения и обработки научной (технической, технологической) информации
ПК-4 Способен критически оценивать применимость используемых методик и методов	ПК-4.1 Знает численные порядки величин, характерных для соответствующей профессиональной области
	ПК-4.3 Способен обосновать причинно-следственные отношения используемых понятий и моделей

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Теоретические основы радиолокации» обучающийся должен:

знать:

- ☐ основные понятия теории радиолокации;
- ☐ основополагающие характеристики систем радиолокации, характерные величины основных параметров;
- ☐ основные типы современных систем радиолокации;
- ☐ проблемы и тенденции развития систем радиолокации.

уметь:

- ☐ пользоваться своими знаниями для решения задач теории и техники радиолокации;
- ☐ производить численные оценки характеристик систем радиолокации;
- ☐ эффективно использовать информационные технологии и компьютерную технику для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов.

владеть:

- ☐ основными методами анализа систем радиолокации и расчета их характеристик
- ☐ навыками самостоятельной работы и получения специальной информации в Интернете;
- ☐ навыками грамотной обработки результатов численного расчета и моделирования и сопоставления с теоретическими данными.

3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

С целью контроля освоения обучающимися учебного материала проводится устный опрос в начале занятия по теме прошлой лекции или в конце занятия по пройденной теме.

Темы самостоятельных работ:

Уравнение радиолокации.

ЭПР – идеально проводящей сферы.

Основные этапы обработки радиолокационной информации.

Согласованная, оптимальная фильтрация.

Функция неопределенности.

Радиолокационные сигналы.

Критерии, характеристики обнаружения.

Адаптивные пороги обнаружения.

Точность оценки координат.

Виды некоординатных измерений.

Алгоритмы цифрового формирования ДН.

Траекторная обработка.

Метод синтезированной апертуры.

Метод инверсной синтезированной апертуры.

РЛС на основе зеркальных антенн.

РЛС на основе АФАР.

За каждое задание студент получает оценку в соответствии с таблицей критерия оценивания. Результаты оценки заданий могут быть учтены в результирующей оценке по курсу.

4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Перечень контрольных вопросов для сдачи экзамена в 7-ом семестре:

1. Расчет характеристик радиолокационной станции (РЛС) X-диапазона по заданным отношению сигнал/шум на заданной дальности и эффективной площади рассеяния (ЭПР) цели.
2. Влияние атмосферы на дальность обнаружения.
3. Функция неопределенности линейной частотной модуляции (ЛЧМ) сигнала.
4. Согласованный фильтр.
5. Когерентное накопление.
6. Адаптивный порог.
7. Точность оценки дальности и угловых координат.
8. Цифровое формирование диаграммы направленности (ДН).
9. Морская РЛС кругового обзора.
10. Телеметрические сигналы.
11. Структура телеметрического комплекса с ФАР.

Примеры билетов для проведения экзамена:

Билет 1.

1. Расчет характеристик радиолокационной станции (РЛС) X-диапазона по заданным отношению сигнал/шум на заданной дальности и эффективной площади рассеяния (ЭПР) цели.
2. Структура телеметрического комплекса с ФАР.

Билет 2.

1. Влияние атмосферы на дальность обнаружения.
2. Телеметрические сигналы.

Критерии оценивания

Оценка отлично (10) выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично (9) выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично (8) выставляется студенту, показавшему систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо (7) выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо (6) выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо (5) выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно (4) выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно (3) выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно (2) выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно (1) выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Экзамен проводится в устной форме.

При проведении устного экзамена обучающемуся предоставляется не менее 60 минут на подготовку. Опрос обучающегося на устном экзамене не должен превышать двух астрономических часов.

Во время проведения экзамена обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины.