



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФГБОУ ВО «ИГУ»

Кафедра радиофизики и радиоэлектроники



Декан ~~_____~~ Буднев Н.М.

«20» апреля 2023 г.

Рабочая программа дисциплины

Наименование дисциплины **Б1.О.07 Методы радиозондирования неоднородных сред**

Направление подготовки **03.04.03 Радиофизика**

Направленность (профиль) подготовки **Информационные процессы и системы**

Квалификация выпускника **Магистр**

Форма обучения **Очная**

Согласовано с УМК физического факультета

Протокол №38 от «18» апреля 2023 г.

Председатель ~~_____~~ Буднев Н.М.

Рекомендовано кафедрой радиофизики и радиоэлектроники:

Протокол № 7 от «27» февраля 2023 г.

И.О. зав. кафедрой ~~_____~~ Колесник С.Н.

Иркутск 2023 г.

Содержание

I. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ	3
II. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО	3
III. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	3
IV. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	5
4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов	5
4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	6
4.3 Содержание учебного материала	8
4.3.1 Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ	8
4.3.2 Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение в рамках самостоятельной работы студентов	9
4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.....	9
4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов).....	9
V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	10
VI. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) ...	10
6.1. Учебно-лабораторное оборудование	10
6.2. Программное обеспечение	10
6.3. Технические и электронные средства обучения.....	10
VII. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	10
VIII. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ	10

I. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Методы радиозондирования неоднородных сред» посвящена изучению современных методов решения задач дистанционного зондирования неоднородных сред с использованием электромагнитных волн радиодиапазона.

Цель курса – дать магистрантам представления о методах решения прямых и обратных задач дистанционного радиозондирования неоднородных сред и обучить навыкам самостоятельной оценки радиофизических эффектов параметров среды при проектировании и эксплуатации современных телекоммуникационных систем.

Задачи курса - рассмотреть математические модели распространения радиосигналов в многомасштабных неоднородных средах, изучить теоретические методы решения прямых и обратных задач дистанционного зондирования неоднородных сред радиосигналами различных частотных диапазонов, показать возможности и ограничения этих методов при решении прикладных задач.

II. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Методы радиозондирования неоднородных сред» входит в общенаучный цикл ОПОП.

Изучение курса предполагает наличие основных знаний по дисциплинам «Электродинамика», «Статистическая радиофизика», «Распространение электромагнитных волн», «Излучение и распространение радиоволн», Специальные разделы физики (Космическая радиофизика). Полученные в ходе изучения курса знания могут быть использованы при выполнении научно-исследовательской и выпускной работы, в ходе дальнейшей профессиональной деятельности.

III. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по данному направлению подготовки **03.04.03 Радиофизика**:

ОПК-1: Способен применять фундаментальные знания в области физики и радиофизики для решения научно-исследовательских задач, в том числе в сфере педагогической деятельности

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
ОПК-1	<i>ИДК опк1.1</i> Способен применять фундаментальные знания в области физики и радиофизики для решения научно-исследовательских задач	Знать: основные методы решения прямых и обратных задач дистанционного радиозондирования неоднородных сред, возможности и ограничения этих методов Уметь: применять теоретические положения для предсказания структуры радиосигналов в реальных средах и при проектировании

		<p>современных эффективных радиосистем широкого назначения, а также для диагностики состояния неоднородной структуры среды по характеристикам зондирующих радиосигналов</p> <p>Владеть: навыками и приемами оценки характеристик распространения радиосигналов в неоднородных средах, а также методами восстановления неоднородностей среды по характеристикам зондирующих пробных радиосигналов</p>
--	--	---

IV. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Объем дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 часов,

Форма промежуточной аттестации: зачет

4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов

№ п/н	Раздел дисциплины/тема	Семестр	Всего часов	Из них практическая подготовка обучающихся	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся, практическую подготовку и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости; Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
					Контактная работа преподавателя с обучающимися			Самостоятельная работа	
					Лекции	Практические занятия	Консультации		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Прямые и обратные задачи дистанционного зондирования неоднородных сред.	2	10,2		4		0,2	6	Конспект лекций. Тесты по материалам лекционных занятий.
2	Радиозондирование нижней атмосферы Земли.	2	10,2		4	2	0,2	6	Конспект лекций. Тесты по материалам лекционных

									занятий.
3	Радиозондирование ионосферы с поверхности Земли	2	26,4		12	8	0,4	6	Конспект лекций. Тесты по материалам лекционных занятий.
4	Радиозондирование ионосферы с космических аппаратов.	2	22,4		10	6	0,4	6	Конспект лекций. Тесты по материалам лекционных занятий.
5	Радиозондирование окружающего космического пространства.	2	14,4		6	2	0,4	6	Конспект лекций. Тесты по материалам лекционных занятий.
6	Подповерхностное радиозондирование.	2	14,4		4	2	0,4	8	Конспект лекций. Тесты по материалам лекционных занятий.

4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Затраты времени (час.)		
2	Тема 1. Интегральное уравнение Абеля для определения вариаций электронной плотности.	Изучить метод решения обратной задачи на основе интегрального уравнения Абеля	2-ая неделя	2	Конспект, устный опрос	Яковлев О. И. Космическая радиофизика. М.: Научная книга, 1998.

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Затраты времени (час.)		
2	Тема 1. Метод некогерентного рассеяния радиоволн.	Изучить основные положения метода некогерентного рассеяния радиоволн	5-ая неделя	4	Конспект, устный опрос	Научные статьи по данной теме
2	Тема 2. Радиозондирование ионосферы с орбитальных станций	Составить литературный обзор по данной теме	8-ая неделя	6	Конспект, письменный опрос	Научные статьи по данной теме
2	Тема 3. Радиозондирование ионосферы в метровом диапазоне.	Провести литературный анализ метода радиозондирование ионосферы в метровом диапазоне.	10-ая неделя	6	Конспект, устный опрос	Яковлев О. И. Космическая радиофизика. М.: Научная книга, 1998
2	Тема 4. Импульсный георадар.	Провести литературный анализ по данной теме	12-ая неделя	6	Конспект, устный опрос	Научные статьи по данной теме
2	Тема 5 Особенности подповерхностного радиозондирования спутников и планет Солнечной системы.	По литературным источникам составить обзор по данной теме.	14-ая неделя	6	Конспект, устный опрос	Научные статьи по данной теме.
2	Тема 6. Использование естественных радиозондов Вселенной для определения неоднородной структуры космической плазмы.	Изучить возможности радиозондирования космической плазмы с помощью дискретных источников	Конец семестра	8	Конспект, письменный опрос	Яковлев О. И. Космическая радиофизика. М.: Научная книга, 1998
Общий объем самостоятельной работы по дисциплине (час)				38		

4.3 Содержание учебного материала

Тема 1. Прямые и обратные задачи дистанционного зондирования неоднородных сред.

Тема 2 Радиозондирование нижней атмосферы Земли.

Тема 3. Радиозондирование ионосферы с поверхности Земли.

3.1 Вертикальное зондирование.

3.2 Интегральное уравнение Абеля для определения вариаций электронной плотности.

3.3 Метод восстановления функции корреляции ионосферных неоднородностей по статистическим характеристикам сигнала вертикального зондирования.

3.4 Наклонное зондирование ионосферы. Интерпретация ионограмм НЗ.

3.5 Возвратно-наклонное зондирование ионосферы. Интерпретация ионограмм

ВНЗ

3.6 Обратное трансionoсферное зондирование с земной поверхности.

3.7. Диагностика ионосферы методом некогерентного рассеяния.

Тема 4. Радиозондирование ионосферы с космических аппаратов.

4.1. Внешнее зондирование ионосферы.

4.2. Трансионoсферное декаметровое зондирование.

4.3 Особенности радиозондирования ионосферы с орбитальных станций.

4.4 Радиозондирование ионосферы в метровом диапазоне.

4.5 Спутниковая радиотомография (лучевая, дифракционная, статистическая).

4.6 Использование спутниковых радионавигационных систем в качестве средств зондирования ионосферы.

Тема 5 Радиозондирование окружающего космического пространства.

5.1 Особенности зондирования околосолнечной, межпланетной и межзвездной среды.

5.2 Использование естественных радиозондов Вселенной для определения неоднородной структуры космической плазмы.

Тема 6 Подповерхностное радиозондирование.

6.1 Импульсные георадары.

6.2 Концепция голографического подповерхностного георадара.

6.3 Подповерхностное радиозондирование спутников и планет Солнечной системы.

4.3.1 Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/н	№ Раздела и темы	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (час.)		Оценочные средства	Формируемые компетенции (индикаторы)
			Всего часов	Из них практическая подготовка		
1	2	3	4	5	6	7
1.	Тема 2	Радиозондирование тропосферы	2		Задачи по теме	ОПК-1
2.	Тема 3	Радиозондирование ионосферы с поверхности Земли. Методы ВЗ, НЗ, ВНЗ, ОТИЗ	8		Задачи по теме	ОПК-1
3.	Тема 4	Радиозондирование ионосферы с космических	6		Задачи по теме	ОПК-1

		аппаратов				
4.	Тема 5	Радиозондирование окружающего космического пространства	2		Задачи по теме	ОПК-1
5.	Тема 6	Подповерхностное радиозондирование.	2		Задачи по теме	ОПК-1

4.3.2 Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение в рамках самостоятельной работы студентов

№ п/п	Тема*	Задание	Формируемая компетенция	ИДК
1	2	3	4	5
1	Тема 1. Интегральное уравнение Абеля для определения вариаций электронной плотности.	Изучить метод решения обратной задачи на основе интегрального уравнения Абеля	ОПК-1	ОПК-1.1
2	Тема 2. Метод некогерентного рассеяния радиоволн.	Изучить основные положения метода некогерентного рассеяния радиоволн	ОПК-1	ОПК-1.1
3	Тема 3. Радиозондирование ионосферы с орбитальных станций	Составить литературный обзор по данной теме	ОПК-1	ОПК-1.1
4	Тема 4. Радиозондирование ионосферы в метровом диапазоне.	Провести литературный анализ метода радиозондирования ионосферы в метровом диапазоне.	ОПК-1	ОПК-1.1
5	Тема 5. Импульсный георадар.	Провести литературный анализ по данной теме	ОПК-1	ОПК-1.1
6	Тема 6 Особенности подповерхностного радиозондирования спутников и планет Солнечной системы.	По литературным источникам составить обзор по данной теме.	ОПК-1	ОПК-1.1
7	Тема 7. Использование естественных радиозондов Вселенной для определения неоднородной структуры космической плазмы.	Изучить возможности радиозондирования космической плазмы с помощью дискретных источников	ОПК-1	ОПК-1.1

4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Работа с литературой может проходить как в читальных залах научной и учебных библиотек ИГУ, так и в домашних условиях студентов.

4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Курсовые работы не предусмотрены учебным планом.

V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) перечень литературы

1. Сутырина Е. Н. Дистанционное зондирование Земли : учеб. пособие - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2013. – 165 с. ISBN: 978-5-9624-0801-9. Электронный читальный зал «БиблиоТех», <https://isu.bibliotech.ru/Reader/Book/2015020607480099264900009431>
2. Математическое моделирование характеристик сигнала в возмущенном информационном канале [Текст] : монография / Е.Т. Агеева, Н.Т. Афанасьев, Д.Ким, Н.И. Михайлов. Старый Оскол : Изд-во “Тонкие наукоемкие технологии”, 2016. - 128 с. (50 экз).

б) периодические издания -

в) список авторских методических разработок -

г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. Интернет ресурсы в свободном доступе, на сайтах ИГУ, ИСЗФ СО РАН, ИПГ им. академика Федорова, МГУ, АКЦ ФИАН.
2. Учебные базы данных.

VI. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

6.1. Учебно-лабораторное оборудование

Компьютерный класс со специализированным программным обеспечением для проведения практических занятий, мультимедийный проектор, офисное оборудование для оперативного размножения иллюстративного и раздаточного лекционного и семинарского материала.

6.2. Программное обеспечение

Modellus.
Microsoft Word.

6.3. Технические и электронные средства обучения

В ходе учебного процесса используются технические средства обучения и контроля знаний студентов (презентации, контролирующих программ, демонстрационных установок), использование которых предусмотрено методической концепцией преподавания

VII. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Метод проектов: постановка задачи на самостоятельное исследование, список литературы, проведение консультаций, защита проекта на научном семинаре.

VIII. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

8.1. Оценочные материалы (ОМ)

8.1.1. Оценочные материалы для входного контроля

Оценочных средств для входного контроля нет.

8.1.2 Оценочные материалы текущего контроля

Ниже приведен перечень оценочных средств текущего контроля:

1. В течение семестра студентами выполняются в аудитории 2 контрольные работы по материалам практических занятий.
2. Тесты по материалам лекционных занятий.
3. Проверка конспектов лекций и конспекта практических занятий.

8.1.3 Оценочные материалы для промежуточной аттестации

Ниже приведен список вопросов к зачету:

1. Прямые и обратные задачи дистанционного зондирования неоднородных сред.
2. Радиозондирование тропосферы.
3. Методы радиозондирования ионосферы с поверхности Земли.
4. Вертикальное зондирование ионосферы (возможности и ограничения).
5. Интегральное уравнение Абеля для определения вариаций электронной плотности по высотно-частотным характеристикам радиосигналов.
6. Метод восстановления корреляционной функции ионосферных неоднородностей по статистическим характеристикам сигнала вертикального зондирования.
7. Наклонное зондирование ионосферы. Особенности ионограмм НЗ.
8. Возвратно-наклонное зондирование ионосферы. Ионограммы ВНЗ.
9. Обратное трансionoсферное зондирование с земной поверхности. Метод ОТИЗ.
10. Основные теоретические положения метода некогерентного рассеяния радиоволн.
11. Методы радиозондирования ионосферы с космических аппаратов.
12. Внешнее зондирование ионосферы.
13. Трансионoсферное декаметровое зондирование.
14. Радиозондирование ионосферы с орбитальных станций.
15. Радиозондирование ионосферы в метровом диапазоне.
16. Спутниковая радиотомография (лучевая, дифракционная, статистическая).
17. Основные теоретические положения метода GPS-зондирования.
18. Методы радиозондирования Космоса.
19. Методы радиозондирования околосолнечной среды.
20. Использование естественных радиозондов Вселенной для определения неоднородной структуры космической плазмы.
21. Метод подповерхностного радиозондирования.
22. Импульсный георадар.

Пример тестовых заданий для проверки сформированности компетенции ОПК-1:

1. Вертикальное зондирование ионосферы проводят в диапазоне частот А) 25-40 МГц, Б) 10-50 МГц, В) 1-12 МГц.
2. Высотно-частотная характеристика ионосферы представляет собой зависимость:
 - А) истинной высоты отражения от угла прихода зондирующего радиосигнала.
 - Б) кажущейся высоты отражения от частоты зондирующего радиосигнала.
 - В) истинной высоты отражения от частоты зондирующего радиосигнала.
3. Декаметровые радиоволны отражаются в спокойной ионосфере на высотах:
 - А) 10 - 40 км. Б) 500 - 1000 км. В) 80 - 400 км.
4. Двойное лучепреломление в ионосфере возникает вследствие влияния: А) неоднородностей электронной плотности, Б) сферичности Земли, В) магнитного поля Земли.
5. Метод наклонного зондирования ионосферы реализуют в диапазоне частот А) 3-30 МГц, Б) 100-150 МГц, В) 1000-1500 МГц.
6. Трансионoсферное зондирование с геостационарных ИСЗ проводят с высот: А) 15 - 20 тысяч км., Б) 35 - 40 тысяч км., В) 5 - 10 тысяч км.
7. МПЧ на наклонной радиотрассе: А) меньше критической частоты ионосферы, Б) больше критической частоты ионосферы.

8. С увеличением рабочей частоты декаметрового радиосигнала дальность зоны молчания: А) уменьшается, Б) не изменяется, В) увеличивается
9. Возвратно-наклонное зондирование ионосферы реализуют в диапазоне частот А) 50-80 МГц, Б) 3-30 МГц, В) 20-50 кГц.
10. Внешнее зондирование ионосферы проводят в диапазоне частот А) 1-12 МГц., Б) 10-50 кГц, В) 10-30 Гц.
11. GPS-зондирование ионосферы реализуют в диапазоне частот А) 25-40 МГц, Б) 1200-1500 МГц, В) 100-300 Гц.
12. Для зондирования ионосферы методом некогерентного рассеяния используются длины волн в диапазоне А) УКВ, Б) СВ, В) ДВ
13. Ионограмма НЗ характеризует закономерности распространения радиоволн электромагнитного диапазона: А) дециметрового, Б) декаметрового, В) сантиметрового, Г) миллиметрового.
14. Метод трансionoсферного зондирования на частотах, порядка плазменных реализуют в диапазоне А) 6-40 МГц, Б) 100-500 МГц, В) 10-50 кГц.
15. Средние радиоволны сильно поглощаются: А) ночью, Б) днем
16. Обратное рассеяние радиоволн более эффективно на неоднородностях с размерами порядка: А) длины волны, Б) много больше длины волны
17. Радиозондирование глубин океанов более эффективно в диапазоне: А) декаметровых радиоволн, Б) дециметровых радиоволн, В) сверхдлинных радиоволн.
18. Электронная концентрация в ионосфере на высоте 700 км больше, чем на высоте: А) 350 км., Б) 500 км., В) 900 км.
19. Радиозондирование ионосферы с орбитальных станции проводят с высот А) 1000-5000 км., Б) 300-400 км., В) 100-150 км.
20. Возвратно-наклонное зондирование ионосферы основано на эффекте: А) дифракции радиоволн на неоднородностях электронной плотности, Б) рассеяния радиоволн на шероховатостях земной поверхности.

Разработчики:



профессор

Н.Т. Афанасьев

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учитывает рекомендации ПООП по направлению и профилю подготовки **03.04.03 Радиофизика**.

Программа рассмотрена на заседании кафедры радиофизики и радиоэлектроники «27» февраля 2023 г. протокол № 7 от

И.О. зав. кафедрой  Колесник С.Н.

Настоящая программа, не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.