

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ 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 № 1 от 16.01.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Теория функций комплексного переменного

Уровень высшего образования

Специалитет

Направление подготовки / специальность

11.05.02 - Специальные радиотехнические системы

Направленность образовательной программы

Радиотехнические системы и комплексы специального назначения

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.10 Теория функций комплексного переменного относится к обязательной части образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ОПК-1: Способен использовать в профессиональной деятельности основные законы естественнонаучных дисциплин, применять методы математического анализа и моделирования, теоретических и экспериментальных исследований, приобретать новые математические и естественнонаучные знания, используя современные образовательные и информационные технологии	ОПК-1.1: Разбирается в основных разделах математических и естественнонаучных дисциплин ОПК-1.2: Применяет основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретических и экспериментальных исследований	ОПК-1.1: Знает области применения базовых понятий теории функции комплексного переменного, умеет находить и анализировать литературу по теории функции комплексного переменного, находить и выбирать методы для решения конкретной задачи ОПК-1.2: Умеет применять базовые знания теории функции комплексного переменного, умеет решать стандартные задачи.	Аудиторная контрольная работа	Экзамен: Контрольные вопросы Практическая задача

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	5
Часов по учебному плану	180
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- КСР	2

самостоятельная работа	69
Промежуточная аттестация	45
	Экзамен

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	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 (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о
Тема 1. Функции комплексного переменного, предел и производная.	23	7	6	13	10
Тема 2. Элементы теории конформных отображений	15	3	0	3	12
Тема 3. Интегрирование функции комплексного переменного	29	7	6	13	16
Тема 4. Ряды аналитических функций.	38	10	10	20	18
Тема 5. Теория вычетов и ее приложения.	28	5	10	15	13
Аттестация	45				
КСР	2			2	
Итого	180	32	32	66	69

Содержание разделов и тем дисциплины

Функции комплексного переменного, предел и производные:

Предел последовательности комплексных чисел. Необходимое и достаточное условие сходимости.

Теорема об ограниченной последовательности. Критерий Коши.

Определение функции комплексного переменного, ее геометрический смысл. Многозначность и однолиственность отображения.

Определение предела функции комплексного переменного по Коши и по Гейне. Непрерывность и ее геометрический смысл. Достаточные условия дифференцируемости функции комплексного переменного. Понятие аналитической функции.

Элементы теории конформных отображений: Основные принципы конформного отображения. Теорема Римана. Невозможность конформного отображения многосвязной области на односвязную. Условия единственности отображения.

Интегрирование функции комплексного переменного:

Определение интеграла от функции комплексного переменного, его вычисление. Свойства интеграла от функции комплексного переменного.

Теорема Коши для односвязной области. Обобщение теоремы Коши на случай многосвязной области.

Теорема о первообразной аналитической функции в односвязной области. Введение неопределенного интеграла. Формула Ньютона-Лейбница.

Ряды аналитических функций: Существование производных всех порядков у аналитической функции. Теоремы Морера и Лиувилля. Основная теорема алгебры. Равномерная сходимость рядов функций комплексного переменного. Достаточный признак Вейерштрасса. Критерий Коши. Первая теорема Вейерштрасса для рядов аналитических функций. Свойства равномерно сходящихся рядов. Вторая теорема Вейерштрасса для рядов аналитических функций. Теорема Абеля об области абсолютной и равномерной сходимости степенного ряда. Следствия теоремы Абеля. Круг и радиус сходимости степенного ряда. Формула Коши-Адамара для радиуса сходимости степенного ряда. Теорема Тейлора. Нули аналитической функции. Целая функция. Единственность определения аналитической функции. Определение аналитического продолжения. Аналитическое продолжение в комплексную плоскость элементарных функций действительного переменного и соотношений между ними. Аналитическое продолжение с помощью степенных рядов. Понятие полной аналитической функции. Ряд Лорана, область его сходимости. Разложение аналитической функции в ряд Лорана. Правильные и особые точки. Классификация изолированных особых точек. Ограниченность функции в окрестности устранимой особой точки. Поведение функции в окрестности полюса. Теорема Сохоцкого-Вейерштрасса. Разложение в ряд Лорана в окрестности бесконечно удаленной точки, классификация изолированной особой точки $z=\infty$.

Теория вычетов и ее приложения: Определение вычета. Вычисление вычетов. Основная теорема теории вычетов. Теорема о сумме вычетов в расширенной комплексной плоскости. Вычисление интегралов, содержащих тригонометрические функции, с помощью вычетов. Лемма Жордана. Логарифмический вычет. Вычисление вычетов логарифмической производной функции. Теорема о числе нулей и полюсов, ее геометрический смысл.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Методические материалы доступны по ссылкам:

http://www.unn.ru/books/met_files/Semirikova_Lapinova.doc

http://www.unn.ru/books/met_files/raf-2016.pdf

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Аудиторная контрольная работа) для оценки сформированности компетенции ОПК-1:

Контрольная работа по теме «Разложение аналитических функций в ряды и вычисление вычетов»

Вариант 1

Задание 1. Определить радиус сходимости степенного ряда .

$$\sum_{n=0}^{\infty} z^{n!}$$

Задание 2. Разложить в ряд Тейлора функцию в окрестности точки $z = 0$.

$$\frac{1}{(1+z^3)^2}$$

Задание 3. Разложить в ряд Лорана функцию в окрестности точки $z = 2$.

$$\frac{z^2 - 2z + 5}{(z-2)(z^2+1)}$$

Задание 4. Найти вычеты функции относительно всех изолированных

$$z^n \sin \frac{1}{z} \quad (n \in \mathbb{N})$$

особых точек, включая бесконечно удаленную.

Вариант 2

Задание 1. Определить радиус сходимости степенного ряда .

$$\sum_{n=0}^{\infty} (n^2 + i \cos n\phi) \cdot (z + 2i)^n$$

Задание 2. Разложить в ряд Тейлора функцию $e^z \sin z$ в окрестности точки $z = 0$.

Задание 3. Разложить в ряд Лорана функцию в окрестности точки $z = 2$.

$$\cos \frac{z^2 - 4z}{(z-2)^2}$$

Задание 4. Найти вычеты функции $\cot^3 z$ относительно всех изолированных особых точек, включая бесконечно удаленную.

Критерии оценивания (оценочное средство - Аудиторная контрольная работа)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Умеет решать задачи повышенной сложности без ошибок и погрешностей. Свободно владеет всеми навыками, демонстрируя их в стандартных и нестандартных ситуациях.
отлично	Знает основные понятия и теоремы теории функций комплексного переменного без ошибок и погрешностей. Умеет решать стандартные задачи без ошибок и погрешностей и задачи повышенной сложности с незначительными ошибками и погрешностями. Владеет всеми навыками, демонстрируя их в стандартных ситуациях.
очень хорошо	Знает основные понятия и теоремы теории функций комплексного переменного с незначительными погрешностями. Уметь решать стандартные

Оценка	Критерии оценивания
	задачи без ошибок и погрешностей. Владеет всеми основными навыками использования математического аппарата, демонстрируя их в стандартных ситуациях.
хорошо	Знает основные понятия теории функций комплексного переменного с рядом заметных погрешностей. Умеет решать стандартные задачи, допуская незначительные погрешности. Владеет большинством основных навыков использования базовых математических знаний, демонстрируя их в стандартных ситуациях.
удовлетворительно	Знает основные понятия теории функций комплексного переменного. Умеет решать стандартные задачи, допуская ряд негрубых ошибок. Владеет навыками использования базовых математических знаний для решения простейших задач математического анализа.
неудовлетворительно	Наличие грубых ошибок в основном материале, наличие грубых ошибок при решении стандартных задач, отсутствие навыков, предусмотренных данной компетенцией.
плохо	Отсутствие знаний материала, отсутствует способность решения стандартных задач, полное отсутствие навыков, предусмотренных компетенцией.

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося 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. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.

<u>Умения</u>	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 отдельным и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и 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 оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-1

1. Предел последовательности комплексных чисел. Необходимое и достаточное условие сходимости.
2. Теорема об ограниченной последовательности. Критерий Коши.
3. Введение бесконечно удаленной точки (комплексного числа $z=\infty$). Сфера Римана.
4. Определение функции комплексного переменного, ее геометрический смысл. Многозначность и однолиственность отображения.
5. Определение предела функции комплексного переменного по Коши и по Гейне. Непрерывность и ее геометрический смысл.
6. Примеры отображений, осуществляемых простейшими непрерывными функциями (линейная, квадратичная, отображение инверсии).
7. Определение производной функции комплексного переменного. Необходимое условие дифференцируемости функции комплексного переменного (условия Коши-Римана). Формула нахождения производной.
8. Достаточные условия дифференцируемости функции комплексного переменного. Понятие аналитической функции.
9. Условия Коши-Римана в полярных координатах. Формула вычисления производной. Пример: степенная функция.
10. Условия Коши-Римана для модуля и аргумента функции. Формула вычисления производной. Пример: показательная функция.
11. Простейшие свойства аналитических функций.
12. Свойства действительной и мнимой частей аналитической функции.
13. Геометрический смысл модуля и аргумента производной функции комплексного переменного. Свойства сохранения углов и постоянства растяжения.
14. Определение конформного отображения. Основная задача теории конформных отображений. Функции, осуществляющие конформные отображения.
15. Конформные отображения, осуществляемые линейной и степенной функциями. Поверхность Римана.
16. Конформное отображение, осуществляемое показательной функцией. Пример: отображение бесконечной вертикальной полосы на верхнюю полуплоскость.
17. Основные принципы конформного отображения.
18. Теорема Римана. Невозможность конформного отображения многосвязной области на односвязную. Условия единственности отображения.
19. Основные свойства конформного отображения, осуществляемого дробно-линейной функцией.
20. Отображение верхней полуплоскости на единичный круг с помощью дробно-линейной функции.
21. Определение интеграла от функции комплексного переменного, его вычисление.
22. Свойства интеграла от функции комплексного переменного.
23. Теорема Коши для односвязной области.
24. Обобщение теоремы Коши на случай многосвязной области.

25. Теорема о первообразной аналитической функции в односвязной области.
26. Введение неопределенного интеграла. Формула Ньютона-Лейбница.
27. Вывод формулы Коши. Следствия: формула среднего значения.
28. Принцип максимума модуля аналитической функции.
29. Аналитическая зависимость интеграла от параметра.
30. Существование производных всех порядков у аналитической функции.
31. Теоремы Морера и Лиувилля. Основная теорема алгебры.
32. Равномерная сходимость рядов функций комплексного переменного.
Достаточный признак Вейерштрасса. Критерий Коши.
33. Первая теорема Вейерштрасса для рядов аналитических функций.
34. Свойства равномерно сходящихся рядов. Вторая теорема Вейерштрасса для рядов аналитических функций.
35. Теорема Абеля об области абсолютной и равномерной сходимости степенного ряда.
36. Следствия теоремы Абеля. Круг и радиус сходимости степенного ряда.
37. Формула Коши-Адамара для радиуса сходимости степенного ряда.
38. Теорема Тейлора.
39. Нули аналитической функции. Целая функция. Единственность определения аналитической функции.
40. Определение аналитического продолжения. Аналитическое продолжение в комплексную плоскость элементарных функций действительного переменного и соотношений между ними.
41. Аналитическое продолжение с помощью степенных рядов. Понятие полной аналитической функции.
42. Определение ряда Лорана. Область его сходимости. Теорема о разложении аналитической функции в ряд Лорана.
43. Правильные и особые точки. Классификация изолированных особых точек.
Ограниченность функции в окрестности устранимой особой точки.
44. Поведение функции в окрестности полюса.
45. Теорема Сохоцкого-Вейерштрасса.
46. Разложение в ряд Лорана в окрестности бесконечно удаленной точки, классификация изолированной особой точки $z = \infty$.
47. Определение вычета. Вычисление вычетов.
48. Основная теорема теории вычетов. Теорема о сумме вычетов в расширенной комплексной плоскости.
49. Вычисление интегралов, содержащих тригонометрические функции, с помощью вычетов.
50. Вычисление главных значений несобственных интегралов с помощью вычетов.
51. Лемма Жордана. Вычисление главных значений несобственных интегралов

$$\int_{-\infty}^{\infty} \Phi(x) e^{imx} dx$$
 вида $-\infty$ с помощью вычетов.
52. Логарифмический вычет. Вычисление вычетов логарифмической производной функции.
53. Теорема о числе нулей и полюсов, ее геометрический смысл.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Высокий уровень подготовки, безупречное владение теоретическим материалом, студент демонстрирует творческий подход к решению нестандартных ситуаций. Студент дал полный и развернутый ответ на все теоретические вопросы билета, подтверждая теоретический материал практическими примерами из практики. Студент активно работал на практических занятиях. 100 %-ное выполнение контрольных экзаменационных заданий.
отлично	Высокий уровень подготовки с незначительными ошибками. Студент дал полный и развернутый ответ на все теоретические вопросы билета, подтверждает теоретический материал практическими примерами из практики. Студент активно работал на практических занятиях. Выполнение контрольных экзаменационных заданий на 90% и выше.
очень хорошо	Хорошая подготовка. Студент дает ответ на все теоретические вопросы билета, но имеются неточности в определениях понятий, процессов и т.п. Студент активно работал на практических занятиях. Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 80 до 90%.
хорошо	В целом хорошая подготовка с заметными ошибками или недочетами. Студент дает полный ответ на все теоретические вопросы билета, но имеются неточности в определениях понятий, процессов и т.п. Допускаются ошибки при ответах на дополнительные и уточняющие вопросы экзаменатора. Студент работал на практических занятиях. Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 70 до 80%.
удовлетворительно	Минимально достаточный уровень подготовки. Студент показывает минимальный уровень теоретических знаний, делает существенные ошибки при решении практических задач, но при ответах на наводящие вопросы может правильно сориентироваться и в общих чертах дать правильный ответ. Студент посещал практические занятия. Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 50 до 70%.
неудовлетворительно	Подготовка недостаточная и требует дополнительного изучения материала. Студент дает ошибочные ответы, как на теоретические вопросы билета, так и на наводящие и дополнительные вопросы экзаменатора. Студент пропустил большую часть практических занятий. Выполнение контрольных экзаменационных заданий до 50%.
плохо	Подготовка абсолютно недостаточная. Студент не отвечает на поставленные вопросы. Студент отсутствовал на большинстве лекций и практических занятий. Выполнение контрольных экзаменационных заданий менее 20 %.

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Практическая задача) для оценки сформированности компетенции ОПК-1

1. Построить область $Re(z(1-i)^2) < 2$
2. Вычислить $(-3-3i)^3/(1-i)^{1/2}$
3. Разложить в ряд Фурье на $(0, \pi)$ $F(x) = x * \sin(2x - \pi)$
4. Проверить функции на аналитичность $(3z-5)\sin z$
5. Вычислить интеграл, если а) контур содержит точку 0; б) контур содержит обе точки

$$\frac{1}{2\pi i} \oint \frac{\cos(z)}{(z-a)z^3} dz$$

6. Проверить функции на аналитичность $f(x,y) = (x^2 + y^2) \exp(-x-i)$
7. Разложить в ряд Лорана $\sin(z)/((z-2)(z-3))$ в окрестности точки $z=3$, в кольце $2 < |z| < 3$

- 8.
9. Вычислить интеграл

$$\int_{-\infty}^{\infty} \frac{x \sin 6x}{x^2 + 4x + 13} dx;$$

10. Вычислить интеграл

$$\int_{-\infty}^{\infty} \frac{(x-1)e^{ix}}{x^2 - 2x + 2} dx.$$

11. Вычислить

$$\int_0^{2\pi} \frac{dx}{(2 + 3 \cos^2 x)^2}$$

Критерии оценивания (оценочное средство - Практическая задача)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно».
отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично».
очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо».
хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо».
удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне

Оценка	Критерии оценивания
	«удовлетворительно».
неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо».
плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо».

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Свешников Алексей Георгиевич. Теория функций комплексной переменной : Учебник. - 6-е изд. - Москва : Издательская фирма "Физико-математическая литература" (ФИЗМАТЛИТ), 2010. - 336 с. - ВО - Бакалавриат. - ISBN 978-5-9221-0133-2., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=610476&idb=0>.
2. Лаврентьев Михаил Алексеевич. Методы теории функций комплексного переменного : учеб. пособие для студентов ун-тов, обучающихся по специальностям "Математика", "Физика", "Механика". - Изд. 5-е, испр. - М. : Наука, 1987. - 688 с. : ил. - 1.80., 42 экз.
3. Волковьский Лев Израилевич. Сборник задач по теории функций комплексного переменного : учеб. пособие для студентов вузов. - Изд. 4-е, перераб. - М. : Физматлит, 2006. - 312 с. - ISBN 5-9221-0264-8 : 143.99., 78 экз.

Дополнительная литература:

1. Маркушевич Алексей Иванович. Краткий курс теории аналитических функций : учеб. пособие. - 4-е изд., испр. и доп. - М. : Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1978. - 416 с. - 1.30., 43 экз.
2. Евграфов Марат Андреевич. Аналитические функции : [учеб. пособие для вузов по специальности "Математика", "Прикладная математика", "Физика"]. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Наука, 1991. - 447 с. : ил. - ISBN 5-02-014200-X (в пер.) : 2.00., 5 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

http://www.unn.ru/books/met_files/Semirikova_Lapinova.doc

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки/специальности 11.05.02 - Специальные радиотехнические системы.

Автор(ы): Лапинова Светлана Александровна, кандидат физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Павлов Игорь Сергеевич, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 16.01.2024 г., протокол № №1.