

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

Основы теории колебаний

Уровень высшего образования

Специалитет

Направление подготовки / специальность

11.05.02 - Специальные радиотехнические системы

Направленность образовательной программы

Радиотехнические системы и комплексы сбора и обработки информации

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.23 Основы теории колебаний 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: Знать: основные разделы математических и естественнонаучных дисциплин Уметь: разбираться в основных разделах математических и естественнонаучных дисциплин Владеть: навыками применения знаний по математическим и естественнонаучным дисциплинам при решении практических задач ОПК-1.2: Знать: основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретических и экспериментальных исследований Уметь: применять основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретических и экспериментальных исследований Владеть: навыками применения основных законов	Задания	Экзамен: Контрольные вопросы Задачи

		естественнонаучных дисциплин, методов математического анализа и моделирования, теоретических и экспериментальных исследований		
--	--	---	--	--

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	
0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	
Тема 1: Базовые идеи и подходы теории колебаний	29	4	2	6	23
Тема 2: Основные методы теории колебаний	51	20	8	28	23
Тема 3: Исследование базовых моделей теории колебаний	53	8	22	30	23
Аттестация	45				
КСР	2			2	
Итого	180	32	32	66	69

Содержание разделов и тем дисциплины

Практические занятия /лабораторные работы организуются, в том числе в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

На проведение практических занятий /лабораторных работ в форме практической подготовки отводится _16/16_ часов.

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.

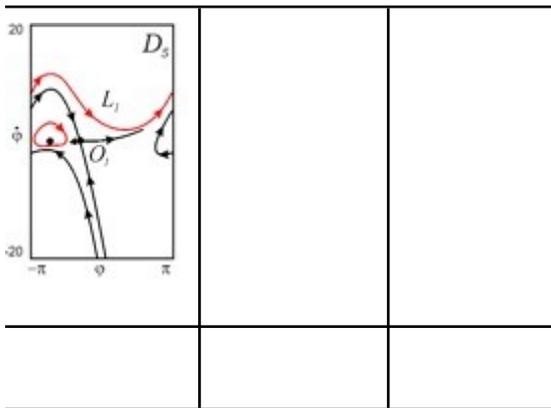
Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к заданиям и контрольным вопросам для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины, приведённым в пункте 5.

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 - Задания) для оценки сформированности компетенции ОПК-1:

- Классифицировать динамическую систему.
- Классифицировать состояния равновесия двумерных динамических систем.
- Перечислить особые траектории двумерных динамических систем, классифицировать состояния равновесия и предельные циклы.
- Перечислить основные бифуркации двумерных динамических систем.
- Найти состояния равновесия динамической системы и определить их тип.
- Построить фазовый портрет динамической системы первого порядка с непрерывным временем.
- Построить бифуркационную диаграмму динамических режимов системы первого порядка с непрерывным временем.
- Исследовать динамику нелинейного осциллятора.
- Найти зависимость амплитуды колебаний от параметра, отметить бифуркационные значения параметра и указать тип бифуркации. Построить грубые фазовые портреты..
- Используя метод разрывных колебаний, построить фазовый портрет динамической системы, перечислить особые траектории и указать их тип.
- Перечислить и классифицировать особые траектории на фазовом портрете.



Критерии оценивания (оценочное средство - Задания)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	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. Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично». Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо». Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо». 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	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно». Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо».

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 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
<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 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 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. Динамические системы с дискретным и непрерывным временем. Фазовое пространство. Типы траекторий.
2. Динамика одномерных динамических систем с непрерывным временем.
3. Динамические системы на окружности.
4. Бифуркации одномерных динамических систем с непрерывным временем: двукратного состояния равновесия, трехкратного состояния равновесия, транскритическая бифуркация.
5. Классификация состояний равновесия динамических систем на плоскости и пространстве. Метод линеаризации определения устойчивости состояний равновесия
6. Линейный осциллятор. Основные свойства.
7. Нелинейный осциллятор. Основные свойства.
8. Устойчивость сосредоточенных систем. Устойчивость по Ляпунову, Орбитальная устойчивость.
9. Устойчивость состояний равновесия динамических систем. Критерий Рауса-Гурвица.
10. Динамические системы с дискретным временем. Особые траектории динамических систем с дискретным временем. Диаграмма Кёнигса-Ламерея.
11. Динамика одномерные линейные отображения.8
12. Отображение Пуанкаре. Неподвижные точки отображения Пуанкаре. Устойчивость неподвижных точек.
13. Бифуркации неподвижных точек одномерного дискретного отображения. Случай равенства мультипликатора +1
14. Бифуркации неподвижных точек одномерного дискретного отображения. Случай равенства мультипликатора -1
15. Предельные циклы динамических систем на плоскости. Основные характеристики.
16. Особые траектории динамических систем на плоскости, критерии их грубости.
17. Автоколебания. Мягкий и жесткий режимы возбуждения автоколебаний
18. Автоколебания. Автоколебательная система. Мягкий и жесткий режимы.
19. Грубость динамических систем.
20. Седло-узловая бифуркация состояний равновесия на плоскости.

21. Бифуркация двукратного предельного цикла
22. Бифуркация Андронова-Хопфа в случае положительной первой ляпуновской величины.
23. Бифуркация Андронова-Хопфа в случае отрицательной первой ляпуновской величины.
24. Бифуркация петли сепаратрис седла (случай отрицательной седловой величины).
25. Бифуркация петли сепаратрис седла (случай положительной седловой величины).
26. Бифуркация петли сепаратрис седло-узла
27. Второй метод Ляпунова. Критерий Бендиксона-Дюлака
28. Метод Ван-дер-Поля для автономных систем
29. Метод Ван-дер-Поля для неавтономных систем
30. Метод разрывных колебаний
31. Динамика автоколебательной системы под действием периодической внешней силы. Явление вынужденной синхронизации
32. АЧХ лампового генератора при внешнем гармоническом воздействии
33. Динамика автоколебательной системы под действием периодической внешней силы. Поведения генератора при выходе из режима синхронизации в случае сильного и слабого сигнала.
34. Динамика джозефсоновского контакта.
35. Динамика системы фазовой автоподстройки частоты (ФАП) с фильтром первого порядка. Динамические характеристики системы ФАП.
36. Структура плоскости параметров (λ) маятникового уравнения
37. ВАХ джозефсоновского контакта.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
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».
неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо».

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

1.	<p>Классифицировать динамическую систему, т.е. указать: размерность, автономная/неавтономная, линейная/нелинейная, фазовые переменные</p> $\dot{x} = x^2 - \mu^2 + 1$
1.	<p>Классифицировать динамическую систему, т.е. указать: размерность, автономная/неавтономная, линейная/нелинейная, фазовые переменные</p> $\dot{x} = x(\mu - e^x)$
1.	<p>Классифицировать динамическую систему, т.е. указать: размерность, автономная/неавтономная, линейная/нелинейная, фазовые переменные</p> $\dot{x} = x^2 + x + 1 - \mu^2$
1.	<p>Классифицировать динамическую систему, т.е. указать: размерность, автономная/неавтономная, линейная/нелинейная, фазовые переменные</p> $\begin{cases} \dot{x} = x(y-1), \\ \dot{y} = -y[x^2 + 2(y+1)(y-5)] \end{cases}$
1.	<p>Классифицировать динамическую систему, т.е. указать: размерность, автономная/неавтономная, линейная/нелинейная, фазовые переменные</p> $\begin{cases} \dot{x} = x(y^2 - 1) \\ \dot{y} = x + y^2 - 4 \end{cases}$
1.	<p>Классифицировать динамическую систему, т.е. указать: размерность, автономная/неавтономная, линейная/нелинейная, фазовые переменные</p> $\begin{cases} \dot{x} = y \\ \dot{y} = 0.5 - \sin x - (1 - d \cos x)y, -1 < d < 1 \end{cases}$
1.	<p>Классифицировать динамическую систему, т.е. указать: размерность, автономная/неавтономная, линейная/нелинейная, фазовые переменные</p>

$$\begin{cases} \dot{x} = y^2 - 3x + 2, \\ \dot{y} = x^2 - y^2 \end{cases}$$

1. Классифицировать динамическую систему, т.е. указать:
размерность, автономная/неавтономная, линейная/нелинейная, фазовые переменные

$$\ddot{x} = x(4 - x^2),$$

1. Классифицировать динамическую систему, т.е. указать:
размерность, автономная/неавтономная, линейная/нелинейная, фазовые переменные

$$\begin{aligned} \dot{x} &= y \\ \dot{y} &= 1 + x - x^2 \end{aligned}$$

1. Классифицировать динамическую систему, т.е. указать:
размерность, автономная/неавтономная, линейная/нелинейная, фазовые переменные

$$\ddot{x} + x(x - 3)(1 - x) = 0$$

1. Классифицировать динамическую систему, т.е. указать:
размерность, автономная/неавтономная, линейная/нелинейная, фазовые переменные системы

$$\begin{aligned} \dot{x} &= y \\ \dot{y} &= 1 - 2x + x^2 \end{aligned}$$

1. Классифицировать динамическую систему, т.е. указать:
размерность, автономная/неавтономная, линейная/нелинейная, фазовые переменные

$$\begin{aligned} m\dot{x} &= -x[(x - 2)^2 + y - 9], \\ \dot{y} &= y(xy - 1), \end{aligned}$$

где $x \geq 0, y \geq 0, 0 < m < 1$

1. Классифицировать динамическую систему, т.е. указать:
размерность, автономная/неавтономная, линейная/нелинейная, фазовые переменные

$$\begin{aligned} m\dot{x} &= -y - x(x^2 - 5), \\ \dot{y} &= x, \end{aligned}$$

где $0 < m < 1$

1.	<p>Классифицировать динамическую систему, т.е. указать:</p> <p><i>размерность, автономная/неавтономная, линейная/нелинейная, фазовые переменные</i></p> $\begin{aligned} \dot{x} &= xy - 1, \\ \mu \dot{y} &= x - y^3, \end{aligned} \quad \text{где } 0 < m < 1$
1.	<p>Классифицировать динамическую систему, т.е. указать:</p> <p><i>размерность, автономная/неавтономная, линейная/нелинейная, фазовые переменные</i></p> $\begin{aligned} \mu \dot{x} &= -y - (2 - 3x^2 + x^4), \\ \dot{y} &= x, \end{aligned} \quad \text{где } 0 < m < 1$
1.	<p>Классифицировать динамическую систему, т.е. указать:</p> <p><i>размерность, автономная/неавтономная, линейная/нелинейная, фазовые переменные</i></p> $\ddot{x} + x = \mu \dot{x}(\alpha - x^2 + x^4),$
1.	<p>Классифицировать динамическую систему, т.е. указать:</p> <p><i>размерность, автономная/неавтономная, линейная/нелинейная, фазовые переменные</i></p> $\ddot{x} + x = \mu \dot{x}(-1 + \alpha x^2 - x^4),$
1.	<p>Классифицировать динамическую систему, т.е. указать:</p> <p><i>размерность, автономная/неавтономная, линейная/нелинейная, фазовые переменные</i></p> $\begin{aligned} \mu \dot{x} &= -y - x(x^2 - 5), \\ \dot{y} &= x - y, \end{aligned}$ <p>где $0 < m < 1$</p>
1.	<p>1. Перечислить и классифицировать особые траектории на фазовом портрете:</p> <p><i>Примеры фазовых портретов представлены выше, в пункте 3.2.1</i></p>

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
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

Оценка	Критерии оценивания
	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».
неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо».

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

Основная литература:

1. Некоркин Владимир Исаакович. Лекции по основам теории колебаний : учеб. пособие для студентов ННГУ, специализирующихся в области радиофизики, приклад. математики и мат. моделирования / ННГУ. - Н. Новгород : Изд-во ННГУ, 2012. - 311 с. - ISBN 978-5-91326-230-1 : 162.13., 148 экз.
2. Андронов А. А. Теория колебаний / перераб. и доп. Н. А. Железцова. - М. : Гос. изд-во физ.-мат. лит., 1959. - 915 с. - 70.00., 58 экз.
3. Алдошин Геннадий Тихонович. Теория линейных и нелинейных колебаний : учеб. пособие для студентов и аспирантов физ.-техн. вузов. - Изд. 2-е, стер. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2013. - 320 с. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-1460-4 : 401.00., 1 экз.

Дополнительная литература:

1. Горяченко Вадим Демьянович. Элементы теории колебаний : учеб. пособие для студентов вузов. - Красноярск : Изд-во Краснояр. ун-та, 1995. - 430 с. - ISBN 5-7470-0127-2 : 10000.00., 389 экз.
2. Сборник задач по теории колебаний : [для физ. специальностей вузов]. - М. : Наука, 1978. - 271 с. : ил. - 0.75., 149 экз.
3. Кузнецов Александр Петрович. Нелинейные колебания : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по физическим специальностям. - М. : Физматлит, 2002. - 292 с. - (Современная теория колебаний и волн). - В надзаг.: Федеральная целевая программа "Гос. поддержка интеграции высш. образования и фундам. науки". - ISBN 5-94052-058-8 : 35.00., 9 экз.

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

Алдошин Г. Т. Теория линейных и нелинейных колебаний. Изд-во «Лань», 2013, 320с.

https://e.lanbook.com/book/4640?category_pk=918#authors

Фазовая плоскость лампового генератора: Составитель Петров В.В. Учебно-методическое пособие. – Нижний Новгород: Нижегородский университет, 2011.

http://www.rf.unn.ru/rus/ktk/sites/default/files/manual_petrov_lamp.doc

Матросов В.В. Вынужденная синхронизация. Учебно-методическое пособие. – Нижний Новгород: Нижегородский университет, 2013.

http://www.rf.unn.ru/rus/ktk/sites/default/files/manual_matrosov_forced_synch.pdf

Исследование динамики систем с разрывными колебаниями: Составитель Мотова М.И. Учебно-методическое пособие. – Нижний Новгород: Нижегородский университет, 2010.

http://www.rf.unn.ru/rus/ktk/sites/default/files/manual_motova_break.doc

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

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

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): Матросов Валерий Владимирович, доктор физико-математических наук, профессор.

Заведующий кафедрой: Матросов Валерий Владимирович, доктор физико-математических наук.

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