

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

Случайные поля и волны

Уровень высшего образования

Магистратура

Направление подготовки / специальность

03.04.03 - Радиофизика

Направленность образовательной программы

Нелинейные колебания и волны

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.03.01 Случайные поля и волны относится к части, формируемой участниками образовательных отношений 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
ПК-1: Способен анализировать и обрабатывать научную информацию и результаты исследований в области физики и радиофизики при решении задач своей профессиональной деятельности	<p>ПК-1.1: Применяет принципы сбора и анализа информации, рассматривает и оценивает современные научные достижения, а также генерирует новые идеи при решении исследовательских и практических задач</p> <p>ПК-1.2: Работает с большим объемом данных, систематизирует и анализирует информацию, полученную из различных источников, в том числе с использованием современных информационных и коммуникационных технологий</p>	<p>ПК-1.1:</p> <p>Знать: методы критического анализа и оценки современных научных достижений в области своей профессиональной деятельности</p> <p>Уметь: определять наиболее актуальные направления исследований в области профессиональной деятельности</p> <p>Владеть: навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных) и критического анализа информации по тематике проводимых исследований</p> <p>ПК-1.2:</p> <p>Знать: современные информационные и коммуникационные технологии сбора и анализа большого объема данных</p> <p>Уметь: систематизировать и анализировать данные большого объема</p> <p>Владеть: навыками работы с большим объемом данных, полученных из различных источников</p>	Тест	Зачёт: Контрольные вопросы Задачи
ПК-2: Способен выполнять	ПК-2.1: Анализирует современное состояние	ПК-2.1: Знать: современное	Тест	

<p>теоретические и экспериментальные исследования и разработки по отдельным разделам тем научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области физики и радиофизики и оформлять их результаты</p>	<p>исследований в области физики и радиофизики, современные подходы к описанию и моделированию различных физических явлений и оценке полученных результатов</p> <p>ПК-2.2: Выбирает и применяет аналитические, аналитико-численные, экспериментальные методы исследования в соответствии с типом поставленной задачи</p> <p>ПК-2.3: Участвует в планировании, подготовке и проведении НИР</p> <p>ПК-2.4: Анализирует полученные данные, формулирует выводы и рекомендации по отдельным разделам тем в области физики и радиофизики</p>	<p>состояние исследований, современные подходы к описанию различных явлений в области своей профессиональной деятельности</p> <p>Уметь: анализировать современное состояние исследований в области физики и радиофизики</p> <p>Владеть: навыками моделирования различных явлений в области физики и радиофизики</p> <p>ПК-2.2:</p> <p>Знать: современные подходы к моделированию различных явлений</p> <p>Уметь: выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования</p> <p>Владеть: навыками проведения моделирования или эксперимента для решения конкретной научно-исследовательской задачи</p> <p>ПК-2.3:</p> <p>Знать: основные принципы организации научного исследования</p> <p>Уметь: анализировать процесс выполнения научного исследования и, в случае необходимости, корректировать план исследования на определенных этапах</p> <p>Владеть: навыками планирования научного исследования, анализа получаемых результатов и формулировки выводов</p> <p>ПК-2.4:</p> <p>Знать: современные подходы к оценке полученных результатов в области своей</p>		<p>Зачёт:</p> <p>Контрольные вопросы</p> <p>Задачи</p>
---	--	---	--	--

		<p>профессиональной деятельности</p> <p>Уметь: анализировать полученные данные, формулировать выводы и рекомендации по отдельным разделам тем в области физики и радиофизики</p> <p>Владеть: навыками оценки полученных результатов и формулировки выводов для выполненной научно-исследовательской задачи</p>		
<p>ПК-3: Способен разрабатывать и подготавливать составные части документации, проектов планов и программ проведения отдельных этапов научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок</p>	<p>ПК-3.1: Использует знание нормативных документов для составления заявок, грантов, проектов НИР, применяет заданные требования и правила при оформлении рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях</p> <p>ПК-3.2: Представляет результаты НИР академическому и бизнес-сообществу</p> <p>ПК-3.3: Участвует в составлении и подаче конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности Радиофизика</p>	<p>ПК-3.1:</p> <p>Знать: основные требования к составлению научно-технических отчетов и документации</p> <p>Уметь: применять заданные требования и правила к оформлению рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях</p> <p>Владеть: навыками составления и оформления научно-технической документации, научных отчетов и обзоров, публикаций</p> <p>ПК-3.2:</p> <p>Знать: основные способы представления и продвижения результатов НИР</p> <p>Уметь: структурировать презентационный материал, выделять основные результаты деятельности для их представления и расставлять акценты</p> <p>Владеть: навыками представления результатов НИР перед научным и академическим сообществом</p> <p>ПК-3.3:</p> <p>Знать: основные этапы подготовки НИР и составления проекта НИР</p> <p>Уметь: анализировать проектную документацию на выполнение НИР</p>	Тест	<p>Зачёт:</p> <p>Задания</p>

		Владеть: навыками составления части проектной документации для проведения НИР		
--	--	---	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	2
Часов по учебному плану	72
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	0
- КСР	1
самостоятельная работа	39
Промежуточная аттестация	0 Зачёт

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 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0
1. Случайные процессы.	5	2		2	3
2. Случайные поля.	4	1		1	3
3. Пространственно-временные случайные поля.	3	1		1	2
4. Метод возмущений.	8	2		2	6
5. Частотный спектр рассеянного поля.	4	2		2	2
6. Ряд по кратности рассеяния.	4	2		2	2
7. Уравнение эйконала. Фазовые характеристики.	4	2		2	2
8. Амплитудные характеристики.	4	2		2	2

9. Угловой спектр мощности волны.	4	2		2	2
10. Границы применимости метода геометрической оптики.	3	1		1	2
11. Метод плавных возмущений.	8	6		6	2
12. Параболическое уравнение.	3	1		1	2
13. Локальный метод Чернова.	5	2		2	3
14. Дифракция плоской волны на безграничном хаотическом экране.	5	2		2	3
15. Корреляционные свойства случайной волны, прошедшей через отверстие в экране.	7	4		4	3
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	72	32	0	33	39

Содержание разделов и тем дисциплины

1. Случайные процессы.

Функция распределения. Корреляционная теория. Статистически стационарные процессы и процессы со стационарными приращениями. Спектральные разложения.

2. Случайные поля.

Статистически однородные и изотропные случайные поля. Трехмерные и двумерные пространственные спектры.

3. Пространственно-временные случайные поля.

Пространственно-временное спектральное разложение. Случай «замороженной» турбулентности.

4. Метод возмущений.

Однократно рассеянное на ограниченном объеме случайно неоднородной среды поле в волновой зоне. Средняя интенсивность рассеяния в зоне Фраунгофера по отношению к отдельным не-однородностям среды. Сечение рассеяния.

5. Частотный спектр рассеянного поля.

Особенности рассеяния для различных моделей турбулентных сред.

6. Ряд по кратности рассеяния.

Коэффициент экстинкции. Затухание исходной волны. Условия применимости приближения однократного рассеяния.

7. Уравнение эйконала. Фазовые характеристики.

Уравнения переноса для фазы и единичного вектора волновой нормали. Их решения методом возмущений при малых флуктуациях параметров среды. Корреляционные свойства флуктуаций фазы и угла прихода плоской волны.

8. Амплитудные характеристики.

Флуктуации уровня плоской волны. Примеры расчета для колмогоровской турбулентности.

9. Угловой спектр мощности волны.

Расчёт пространственного и углового спектра плоской волны при слабых и сильных флуктуациях фазы.

10. Границы применимости метода геометрической оптики.

Условия применимости метода возмущений для решения уравнений геометрической оптики.

11. Метод плавных возмущений.

Расчет флуктуаций фазы и амплитуды плоской волны в приближении метода плавных возмущений.

Связь с приближением геометрической оптики Корреляционные свойства фазы и уровня волны в турбулентной среде со степенным спектром неоднородностей.

12. Параболическое уравнение.

Обоснование условий применимости параболического уравнения для описания волновых полей в хаотических средах.

13. Локальный метод Чернова.

Решение уравнения для среднего поля волны. Обзор других методов расчета при немалых флуктуациях амплитуды.

14. Дифракция плоской волны на безграничном хаотическом экране.

Дифракция плоской волны на безграничном хаотическом экране. Случаи мелкомасштабных и крупномасштабных неоднородностей поля за экраном. Фазовый хаотический экран. Слабые и сильные флуктуации фазы поля за экраном.

15. Корреляционные свойства случайной волны, прошедшей через отверстие в экране.

Случаи малого и большого отверстия. Теорема Ван-Циттерта-Цернике.

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: очная форма обучения - 4 ч.

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.

Ахманов, С.А. Статистическая радиофизика и оптика. [Электронный ресурс] / С.А. Ахманов, Ю.Е. Дьяков, А.С. Чиркин. — Электрон. дан. — М. : Физматлит, 2010. — 423 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/48263> — Загл. с экрана.

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 - Тест) для оценки сформированности компетенции ПК-1:

1. Ширина частотного спектра однократно рассеянного поля в хаотической среде с неподвижными пульсирующими неоднородностями

- 1) не меняется с увеличением угла рассеяния,
- 2) увеличивается с увеличением угла рассеяния,
- 3) уменьшается с увеличением угла рассеяния.

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ПК-2:

4. В приближении геометрической оптики дисперсия флуктуаций фазы плоской монохроматической волны изменяется в зависимости от расстояния x , пройденного в статистически однородной хаотической среде со слабыми неоднородностями пропорционально

- 1) x^1
- 2) x^2
- 3) x^3

5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ПК-3:

1. Коэффициент экстинкции в хаотически неоднородной среде при прочих равных условиях с ростом длины волны излучения

- 1) увеличивается,
- 2) не меняется,
- 3) уменьшается.

Критерии оценивания (оценочное средство - Тест)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.
не зачтено	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продemonстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продemonстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.

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	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы 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	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрирован 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 ПК-1

1. Однократно рассеянное на ограниченном объеме хаотической среды поле.
2. Средняя интенсивность рассеяния в зоне Фраунгофера.
3. Сечение однократного рассеяния.

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-2

1. Условия применимости метода возмущений при решении уравнений геометрической оптики.
2. Комплексная фаза волны в первом приближении метода плавных возмущений (МПВ).
3. Дисперсия фазы волны в МПВ.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.
не зачтено	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продemonстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продemonстрированы базовые навыки. Имели место

Оценка	Критерии оценивания
	грубые ошибки.

5.3.3 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-1

1. Рассчитать сечение однократного рассеяния в хаотической среде с гауссовой функцией корреляции флуктуаций диэлектрической проницаемости в плоскости, перпендикулярной к вектору электрического поля падающей волны, в зависимости от угла рассеяния при заданных значениях дисперсии диэлектрической проницаемости, размера неоднородностей и длины волны излучения.
2. Рассчитать сечение однократного рассеяния в хаотической среде с гауссовой функцией корреляции флуктуаций диэлектрической проницаемости в плоскости, содержащей вектор электрического поля падающей волны, в зависимости от угла рассеяния при заданных значениях дисперсии диэлектрической проницаемости, размера неоднородностей и длины волны излучения.

5.3.4 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-2

1. Вычислить коэффициент экстинкции в хаотически неоднородной среде с гауссовой функцией корреляции флуктуаций диэлектрической проницаемости при заданных значениях дисперсии флуктуаций диэлектрической проницаемости, размера неоднородностей и длины волны излучения.
2. Оценить характерную ширину углового спектра плоской волны в хаотической среде с плавными неоднородностями при сильных флуктуациях фазы. Считаются известными: дисперсия флуктуаций диэлектрической проницаемости, расстояние, пройденное волной в хаотической среде, и характерный размер неоднородностей.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.
не зачтено	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.

5.3.5 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-3

Оформить отчет по итогам выполнения зачетного задания.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задания)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.
не зачтено	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продemonстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продemonстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.

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

Основная литература:

1. Чернов Лев Александрович. Волны в случайно-неоднородных средах / [АН СССР, Акуст. ин-т, Моск. физ.-техн. ин-т]. - М. : Наука, 1975. - 171 с. : граф. - (Современные физико-технические проблемы / Моск. физ.-техн. ин-т). - 0.59., 18 экз.
2. Рытов Сергей Михайлович. Введение в статистическую радиофизику : [учеб. пособие для физ. специальностей вузов]. Ч. 2. Случайные поля / под общ. ред. С. М. Рытова. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Наука, 1978. - 463 с. : ил. - 1.30., 137 экз.
3. Исимару Акира. Распространение и рассеяние волн в случайно-неоднородных средах : [в 2 т.]. Т. 1. Однократное рассеяние и теория переноса / пер. с англ. Л. А. Апресяна. - М. : Мир, 1981. - 280 с. : ил. - 2.60., 4 экз.
4. Исимару Акира. Распространение и рассеяние волн в случайно-неоднородных средах : [в 2 т.]. Т. 2. Многократное рассеяние, турбулентность, шероховатые поверхности и дистанционное зондирование / пер. с англ. Л. А. Апресяна. - М. : Мир, 1981. - 317 с. : ил. - 2.70., 4 экз.
5. Гавриленко Владимир Георгиевич. Современные методы расчета спектральных и энергетических характеристик волн в турбулентных средах : учеб. пособие / ГГУ им. Н. И. Лобачевского. - Горький, 1989. - 79 с. - б/ц., 11 экз.
6. Гавриленко Владимир Георгиевич. Рассеяние и излучение волн в хаотически нестационарных средах / [ред. Ж. М. Диасамидзе ; Батум. гос. ун-т]. - Тбилиси ; Батуми : Интеллект, 1999. - 195 с. - 20.00., 3 экз.

Дополнительная литература:

1. Электродинамика плазмы / под ред. Ахиезера А. И. - М. : Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1974. - 719 с. - 3.05., 9 экз.
2. Зверев В. А. Радиооптика : Преобразования сигналов в радио и оптике. - М. : Советское радио, 1975. - 304 с. : черт. - 0.94., 23 экз.
3. Теория волн : [учеб. пособие для физ. специальностей вузов]. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Наука, 1990. - 432 с. : граф. - ISBN 5-02-014050-3 (в пер.) : 3.10., 4 экз.

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

1. Microsoft Office (номера лицензий: 62421356 (12 шт.), 62421349);
2. Acrobat Professional 11.0 (номера лицензий: 65195558, 6 шт.);
3. Электронно-библиотечные системы (электронная библиотека):
<http://e.lanbook.com/>;
<http://www.biblioclub.ru>.

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 03.04.03 - Радиофизика.

Автор(ы): Гавриленко Владимир Георгиевич, доктор физико-математических наук, профессор.

Рецензент(ы): Кудрин Александр Владимирович, доктор физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Калинин Андрей Владимирович, доктор технических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 18.12.2023, протокол № 09/23.