

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Камчатский государственный технический университет»
(ФГБОУ ВО «КамчатГТУ»)**

Отдел науки и инноваций

Аспирантура

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по УНР



Н.С. Салтанова Н.С. Салтанова

31 » 01 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**«МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И
КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ»**

Научная специальность

1.2.2 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ
(уровень подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре)

Петропавловск-Камчатский,
2024

Рабочая программа составлена на основании Приказа Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20.10.2021 года № 951 «Об утверждении федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов)», Постановления Правительства Российской Федерации от 30.11.2021 года № 2122 «Об утверждении Положения о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)», Положения организации ПО 8(27-41/30)-2023 «О порядке разработки программ о подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре» в соответствии с паспортом научной специальности 1.2.2 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

Составитель рабочей программы

канд. физ.-мат. наук, доцент

 Водинчар Г.М.

Рабочая программа рассмотрена на заседании кафедры «Системы управления». Протокол № 4 от «24» 11 2023 г.

Заведующий кафедрой «Системы управления»

канд. техн. наук, доцент

«24» 11 2023 г.

 Марченко А.А.

1. Общие положения

Целью освоения дисциплины «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» является формирование у аспирантов углубленных знаний и исследовательских навыков в области *математического моделирования*, а также профессиональной готовности и самостоятельной научной, исследовательской и педагогической деятельности.

Задачи дисциплины:

Целью освоения дисциплины «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» является:

- формирование у обучающихся (аспирантов) углубленных теоретических знаний в области математического моделирования.

Основные задачи курса:

- актуализировать знания основных понятий из предшествующих дисциплин, особенно важные для математического моделирования;
- ознакомить обучающихся (аспирант) с основными современными задачами и методами математического моделирования;
- ознакомить обучающихся (аспирантов) с возможностями современных пакетов вычислительной математики.

В результате изучения дисциплины обучающийся (аспирант) должен:

Знать:

- основные методы математического моделирования, численных методов и программирования;
- текущее состояние современных научных достижений в области математического моделирования и программирования, актуальные проблемы и тенденции развития в области профессиональной деятельности;
- научно-методические основы организации научно-исследовательской деятельности, основные методы исследования математических моделей, численного анализа и программирования;
- теоретические основы создания программных комплексов.

Уметь:

- применять полученные теоретические знания для решения новых практических задач;
- генерировать новые идеи при решении исследовательских и практических задач, определять актуальные направления исследовательской деятельности;
- мотивировать коллектив на самостоятельный научный поиск, направлять его работу в соответствии с выбранным направлением исследования;
- консультировать по теоретическим, методологическим и др. вопросам, возникающим в процессе научно-исследовательской работы, применять полученные теоретические знания в области математического моделирования для решения научно-практических задач;
- использовать современные средства создания комплексов программ

Владеть:

- навыками обработки информации и математического анализа полученных

данных.

- культурой научной дискуссии и навыками профессионального общения с соблюдением делового этикета;
- особенностями научного и научно-публицистического стиля, практическими навыками построения математических моделей реальных задач;
- практическими навыками реализации численных алгоритмов на ЭВМ.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» относится к дисциплинам, направленным на подготовку к сдаче кандидатских экзаменов в структуре образовательной программы.

3. Содержание дисциплины

3.1 Тематический план дисциплины

Тематический план дисциплины представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Тематический план дисциплины

4 семестр

Наименование разделов и тем	Всего часов	Аудиторные занятия	Контактная работа по видам учебных занятий		Самостоятельная работа	Формы текущего контроля	Промежуточная аттестация
			Лекции	Семинарские (практические) занятия			
Элементы теории функций и функционального анализа	20	16	8	8	4	Опрос Практическое задание Доклад	
Численные методы и их применение в научных исследованиях.	12	8	8	-	4	Опрос Практические задания Доклад	
Экстремальные задачи, области применения.	24	20	10	10	4	Опрос Практические задания Доклад	
Элементы теории вероятностей и математической статистики	16	10	10	-	6	Опрос Доклад	

Наименование разделов и тем	Всего часов	Аудиторные занятия	Контактная работа по видам учебных занятий		Самостоятельная работа	Формы текущего контроля	Промежуточная аттестация
			Лекции	Семинарские (практические) занятия			
Зачёт		-	-	-	-	зачет	+
Всего	72	54	36	18	18	-	

5 семестр

Наименование разделов и тем	Всего часов	Аудиторные занятия	Контактная работа по видам учебных занятий		Самостоятельная работа	Формы текущего контроля	Промежуточная аттестация
			Лекции	Семинарские (практические) занятия			
Теория принятия решений.	20	16	8	8	4	Опрос Доклад	
Основные принципы математического моделирования.	12	8	8	-	4	Опрос Доклад	
Методы исследования математических моделей	24	20	10	10	4	Опрос Практические задания	
Математические модели в научных исследованиях.	16	10	10	-	6	Опрос Практические задания	
Кандидатский экзамен	36	-	-	-	-	экзамен	36
Всего	72	32	36	18	18	-	36

3.2. Содержание дисциплины по разделам

Тема 1. Элементы теории функций и функционального анализа.

Рассматриваемые вопросы:

Понятие меры и интеграла Лебега. Метрические и нормированные пространства. Пространства интегрируемых функций. Линейные непрерывные функционалы. Линейные операторы. Элементы спектральной теории.

Практическое занятие

Форма проведения: дискуссия

Вопросы для обсуждения: Метрические и нормированные пространства. Пространства интегрируемых функций.

Вопросы для самостоятельного изучения: Дифференциальные и интегральные операторы

Рекомендуемая литература: [1–2], [7].

Тема 2. Численные методы и их применение в научных исследованиях.

Рассматриваемые вопросы:

Интерполяция и аппроксимация функциональных зависимостей, примеры решения научно-практических задач. Численное дифференцирование и интегрирование. Численные методы поиска экстремума. Вычислительные методы линейной алгебры. Численные методы решения систем дифференциальных уравнений. Преобразования Фурье, Лапласа, Хаара, вейвлет-преобразование, примеры применения методов. Численные методы вейвлет-анализа.

Вопросы для самостоятельного изучения: Численные методы вейвлет-анализа.

Рекомендуемая литература: [3–4], [8].

Тема 3. Экстремальные задачи, области применения.

Рассматриваемые вопросы:

Экстремальные задачи в евклидовых пространствах. Математическое программирование, линейное программирование, выпуклое программирование. Задачи на минимум. Области применения.

Практическое занятие

Форма проведения: дискуссия

Вопросы для обсуждения: Математическое программирование, линейное программирование, выпуклое программирование.

Вопросы для самостоятельного изучения: Задачи на минимакс. Области применения.

Рекомендуемая литература: [5], [10].

Тема 4. Элементы теории вероятностей и математической статистики.

Рассматриваемые вопросы:

Применение методов математической статистики при решении научных задач. Аксиоматика теории вероятностей. Вероятность, условная вероятность. Независимость. Случайные величины и векторы. Элементы корреляционной теории случайных векторов. Элементы теории случайных процессов. Точечное и интервальное оценивание параметров распределения. Элементы теории проверки статистических гипотез. Элементы многомерного статистического анализа. Основные понятия теории статистических решений. Основы теории информации. Регрессионный анализ, основные подходы и области применения. Класс моделей авторегрессии-проинтегрированного скользящего среднего. Диагностические проверки авторегрессионных моделей на примере реальных временных рядов. Статистические гипотезы: основные понятия, ошибки 1- и 2-го рода, шаги проверки гипотез, вывод о принятии или отвержении основной гипотезы. Критерии проверки статистических гипотез: t-критерий Стьюдента, F-критерий Фишера, хиквадрат Пирсона.

Вопросы для самостоятельного изучения: Статистические гипотезы: основные понятия, ошибки 1- и 2-го рода, шаги проверки гипотез, вывод о принятии или отвержении основной гипотезы. Критерии проверки статистических гипотез.

Рекомендуемая литература: [6], [9-10].

Тема 5. Теория принятия решений.

Рассматриваемые вопросы:

Общая проблема решения. Функция потерь метод максимального правдоподобия. Байесовский и минимаксный подходы. Метод последовательного принятия решения.

Практическое занятие

Форма проведения: дискуссия

Вопросы для обсуждения: Функция потерь метод максимального правдоподобия. Байесовский и минимаксный подходы.

Вопросы для самостоятельного изучения: Метод последовательного принятия решения.

Рекомендуемая литература: [4], [8].

Тема 6. Основные принципы математического моделирования.

Рассматриваемые вопросы:

Методы построения математических моделей на основе фундаментальных законов природы. Элементарные математические модели в механике, гидродинамике, электродинамике. Универсальность математических моделей. Вариационные принципы построения математических моделей.

Вопросы для самостоятельного изучения: Вариационные принципы построения математических моделей.

Рекомендуемая литература: [5], [11].

Тема 7. Методы исследования математических моделей.

Рассматриваемые вопросы:

Методы исследования математических моделей. Устойчивость. Проверка адекватности математических моделей. Методы системного анализа для исследования математических моделей сложных объектов и систем. Методы диагностических проверок стохастических моделей: введение избыточных параметров, совокупный критерий согласия, кумулятивная периодограмма. Методы системного анализа для исследования моделей объектов в условиях неполной априорной определенности. Методы системного анализа для изучения существенно нестационарных объектов и систем.

Практическое занятие

Форма проведения: дискуссия

Вопросы для обсуждения: Методы диагностических проверок стохастических моделей: введение избыточных параметров, совокупный критерий согласия, кумулятивная периодограмма.

Вопросы для самостоятельного изучения: Методы системного анализа для изучения существенно нестационарных объектов и систем.

Рекомендуемая литература: [5-6], [11-12].

Тема 8. Математические модели в научных исследованиях.

Рассматриваемые вопросы:

Математические модели в статистической механике, экономике, биологии, геофизике. Методы математического моделирования измерительно-вычислительных систем. Модели динамических систем. Особые точки. Бифуркации. Динамический хаос. Эргодичность и перемешивание. Понятие о самоорганизации. Диссипативные структуры. Режимы с обострением

Вопросы для самостоятельного изучения: Диссипативные структуры. Режимы с обострением

Рекомендуемая литература: [5-6], [11-12].

4. Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающихся (аспирантов)

4.1. Внеаудиторная самостоятельная работа

Самостоятельная работа обучающихся (аспирантов) заключается в инициативном поиске информации по наиболее актуальным *вопросам математического моделирования*, которые имеют большое практическое значение и являются предметом научных дискуссий.

Самостоятельная работа планируется в соответствии с учебным планом подготовки и настоящей рабочей программой дисциплины.

Основными формами самостоятельной работы обучающихся (аспирантов) при освоении дисциплины *«Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»* являются следующие:

- проработка (изучение) материалов лекций;
- чтение, проработка и конспектирование рекомендованной учебно–методической литературы;
- подготовка к практическим (семинарским) занятиям;
- поиск и проработка материалов из Интернет–ресурсов, периодической печати;
- выполнение домашних заданий в форме практических заданий, докладов;
- подготовка к текущему и итоговому контролю знаний по дисциплине.

Основная доля самостоятельной работы обучающихся (аспирантов) приходится на подготовку к практическим (семинарским) занятиям, тематика которых полностью охватывает содержание курса. Самостоятельная работа по подготовке к семинарским занятиям предполагает умение работать с первичной информацией.

4.2. Контроль

Контроль освоения дисциплины *«Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»*– экзамен.

Контроль освоения дисциплины дает возможность оценить степень восприятия обучающимися (аспирантами) учебного материала и проводится как контроль для оценки результатов изучения дисциплины.

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации обучающихся (аспирантов) по дисциплине

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся (аспирантов) по дисциплине представлен в приложении к рабочей программе дисциплины и включает в себя:

- описание показателей и критериев оценивания обучающихся (аспирантов) на различных этапах освоения дисциплины, описание шкал оценивания;
- материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков обучающихся (аспирантов) в процессе освоения образовательной программы;
- методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков обучающихся (аспирантов).

Вопросы для проведения промежуточной аттестации (кандидатский экзамен)

Вопросы к экзамену:

1. Понятие меры и интеграла Лебега.
2. Метрические и нормированные пространства.
3. Пространства интегрируемых функций.
4. Линейные непрерывные функционалы.
5. Линейные операторы.
6. Элементы спектральной теории.
7. Дифференциальные и интегральные операторы.
8. Экстремальные задачи в евклидовых пространствах.
9. Математическое программирование.
10. Линейное программирование.
11. Выпуклое программирование.
12. Минимаксный подход.
13. Метод апостериорного риска.
14. Задачи на минимакс.
15. Аксиоматика теории вероятностей.
16. Вероятность, условная вероятность.
17. Независимость. Случайные векторы и величины.
18. Элементы корреляционной теории случайных векторов.
19. Элементы теории случайных процессов.
20. Точечное и интервальное оценивание параметров распределения.
21. Элементы проверки теории статистических решений.
22. Основы теории информации.
23. Общая проблема решения. Байесовский и минимаксные подходы.
24. Метод последовательного принятия решения.

25. Интерполяция и аппроксимация функциональных зависимостей.
26. Численное дифференцирование и интегрирование.
27. Численные методы поиска экстремума.
28. Вычислительные методы линейной алгебры.
29. Численные методы решения систем дифференциальных уравнений.
30. Плайн-аппроксимация, интерполяция, метод коечных элементов.
31. Преобразования Фурье, Лапласа, Хаара и др.
32. Численные методы вейвлет-анализа.
33. Элементарные математические модели в механике. Гидродинамике, электродинамике. Универсальность математических моделей.
34. Методы построения математических моделей на основе фундаментальных законов природы.
35. Вариационные принципы построения математических моделей.
36. Методы исследования математических моделей
37. Устойчивость. Проверка адекватности математических моделей.
38. Математические модели в статической механике, экономике, биологии.
39. Модели динамических систем. особые точки.
40. Бифуркации. Динамический хаос.
41. Эргодичность и перемешивание.
42. Понятие о самоорганизации. Диссипативные структуры

6. Порядок проведения кандидатского экзамена по дисциплине

6.1. Общие положения

Обучающиеся (аспиранты) должны выполнить план семинарских занятий, представить конспекты подготовки и пройти собеседование по вопросам к промежуточной аттестации.

6.2. Допуск к экзамену

К сдаче зачета допускаются лица, которые выполнили план семинарских занятий.

6.3. Структура кандидатского экзамена

Кандидатский экзамен включает в себя 3 вопроса:

Результаты кандидатского экзамена оцениваются по пятибальной системе.

7. Список рекомендованной литературы

Основная литература:

1. Самарский, А. А. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры / А. А. Самарский, А. П. Михайлов. - 2-е изд., испр. - Москва : Физматлит, 2001. - 316 с.
2. Тарасевич, Ю. Ю. Математическое и компьютерное моделирование : вводный курс : учебное пособие для вузов / Ю. Ю. Тарасевич. - Изд. 6-е. - Москва : URSS, [2013]. – 148 с.

3. Михеев, С. Е. Стабилизация и ускорение численных методов / С. Е. Михеев ; Санкт-Петербургский государственный университет. - Санкт-Петербург : Издательство СПбГУ, 2014. - 154

4. Бахвалов Н. С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М. Численные методы : учебное пособие - 7-е изд. - Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. - 636 с. 12

5. Бахвалов Н. С., Лапин А.В., Чижонков Е.В. Численные методы в задачах и упражнениях : учебное пособие для вузов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. - 240 с.

6. Поляк, Б. Т. Введение в оптимизацию - Изд. 2-е, испр. и доп. - Москва : URSS, [2014]. - 386 с.

Дополнительная литература:

7. Колесников, А. П. Методы численного анализа, изложенные на языке формул и алгоритмическом языке С# / А. П. Колесников. - Москва : URSS, [2010]. - 412 с.

8. Лисейкин, В. Д. Разностные сетки. Теория и приложения / В. Д. Лисейкин. - Новосибирск : Издательство Сибирского отделения Российской академии наук, 2014. - 253 с.

9. Зарубин, В. С. Математическое моделирование в технике : Учебник для вузов. - 3-е изд. - Москва : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2010. - 495 с.

10. Рябенский, В. С. Метод разностных потенциалов и его приложения / В. С. Рябенский. - Изд. 3-е, испр. и доп. - Москва : Физматлит, 2010. - 432 с.,

11. Формалев, В. Ф. Численные методы : учеб. пособие для техн. ун-тов / В. Ф. Формалев, Д. Л. Ревизников ; под ред. А. И. Кибзуна. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2006. - 398 с.

12. Самарский, А. А. Устойчивость разностных схем / А. А. Самарский, А. В. Гулин. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : УРСС, 2005. - 384 с.

Интернет-ресурсы:

Таблица 2 -Перечень ресурсов информационно–телекоммуникационной сети «Интернет»

№ п/п	Web–ресурс	Режим доступа
Образовательные ресурсы		
1	Электронная информационно-образовательная среда ФГБОУ ВО «КамчатГТУ» (ЭИОС)	
Официальные сайты		
2	www.mathnet.ru	www.mathnet.ru
Электронные журналы		
3	www.krasec.ru	www.krasec.ru

8. Методические указания для обучающихся (аспирантов) по освоению дисциплины

Методика преподавания данной дисциплины предполагает чтение лекций, проведение практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций по отдельным (наиболее сложным) специфическим проблемам дисциплины.

Предусмотрена самостоятельная работа обучающихся (аспиранта), а также прохождение аттестационных испытаний промежуточной аттестации.

Лекции посвящаются рассмотрению наиболее важных концептуальных вопросов: основным понятиям; обсуждению проблемных вопросов развития высшей школы, психологическим аспектам процесса образования в высшей школе. В ходе лекций обучающимся (аспирантам) следует подготовить конспекты лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометить важные мысли, выделять ключевые слова, термины; проверять термины, понятия с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь; обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии.

Целью проведения практических занятий является закрепление знаний обучающихся (аспирантов), полученных ими в ходе изучения дисциплины на лекциях и самостоятельно. Практические занятия проводятся, в том числе, в форме семинаров; на них обсуждаются вопросы по теме, разбираются конкретные ситуации взаимодействия между субъектами образовательного процесса, применение образовательных технологий; проводится тестирование, проводятся опросы. Для подготовки к занятиям семинарского типа обучающиеся (аспиранты) выполняют проработку рабочей программы, уделяя особое внимание целям и задачам, структуре и содержанию дисциплины; конспектирование источников; работу с конспектом лекций; подготовку ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы.

Результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем и учитываются при аттестации обучающегося (аспиранта).

9 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационно-справочных систем

9.1 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса

- электронные образовательные ресурсы, представленные в п. 7 данной рабочей программы;
- интерактивное общение с обучающимися (аспирантами) и консультирование посредством электронной почты.

9.2 Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса

При освоении дисциплины используется лицензионное программное обеспечение:

- операционные системы Astra Linux (или иная операционная система включенная в реестр отечественного программного обеспечения);

- комплект офисных программ Р-7 Офис (в составе текстового процессора, программы работы с электронными таблицами, программные средства редактирования и демонстрации презентаций);
- программа проверки текстов на предмет заимствования «Антиплагиат».

9.3 Перечень информационно–справочных систем

- справочно–правовая система Гарант [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.garant.ru/online>

10 Материально–техническая база

- для проведения занятий лекционного типа, практических (семинарских) занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации – аудитория № 7–518 с комплектом учебной мебели согласно паспорту аудитории;
- для самостоятельной работы обучающихся (аспирантов) – аудитория № 7–518, оборудованная рабочими станциями с доступом к сети «Интернет» и в электронную информационно–образовательную среду организации и комплектом учебной мебели согласно паспорту аудитории;
- аудитория № 7–517, оборудованная компьютерами, комплектом мебели согласно паспорту кабинета, стендами, справочно-информационными материалами;
- технические средства обучения для представления учебной информации большой аудитории: аудиторная доска, мультимедийное оборудование (ноутбук, проектор, телевизор).