

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

Отдел науки и инноваций

Аспирантура

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по НР



Т.А. Ключкова Т.А. Ключкова
«23» 11 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«МЕТОДЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ»**

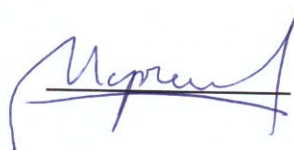
научная специальность
1.2.2 «Математическое моделирование, численные методы
и комплексы программ»
(уровень подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре)

Петропавловск-Камчатский,
2022

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)», в соответствии с паспортом научной специальности 1.2.2 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Составитель рабочей программы

канд. тех. наук, доцент



Марченко А.А.

Рабочая программа рассмотрена на заседании кафедры «Системы управления». Протокол № 3 от «18» 11 2022 г.

Заведующий кафедрой «Системы управления»

канд. тех. наук, доцент



Марченко А.А.

«18» 11 2022 г.

1. Общие положения

Целью освоения дисциплины «Методы математического моделирования» является овладение методологией научного познания, углубленное изучение теоретических и методических основ математического моделирования, а также профессиональной готовности и самостоятельной научной, исследовательской и педагогической деятельности.

Задачи дисциплины:

- формирование теоретических знаний в области аналитического, численного и имитационного моделирования;
- ознакомление с основными методами построения, оценки и исследования математических моделей;
- овладение общенаучными методами системного анализа в области моделирования и исследования сложных процессов и систем.

В результате освоения дисциплины обучающийся (аспирант) должен

Знать:

- сущность современных методов сбора, обработки материала, анализа результатов исследования;
- основы формирования и развития навыков аналитического, численного и имитационного моделирования;
- сущность и основные этапы классических методов построения, оценки и исследования моделей;
- теоретические принципы и методы проведения исследований процессов и систем на основе математического моделирования.

Уметь:

- применять известные методы исследования процессов и систем на основе математического моделирования;
- анализировать и объективно оценивать результаты модельных экспериментальных исследований;
- прогнозировать ход и результаты испытаний при проведении научных исследований.

Владеть:

- практическими навыками применения классических и современных методов:
 - построения математических моделей;
 - оценки адекватности и оптимизации моделей;
 - аналитического, численного и имитационного моделирования.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Методы математического моделирования» относится к элективным дисциплинам образовательного компонента в структуре образовательной программы.

3. Содержание дисциплины

3.1 Тематический план дисциплины

Тематический план дисциплины представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Тематический план дисциплины

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			
Простейшие математические модели и основные понятия математического моделирования	5.5	5	3	2	0.5	Опрос Семинарское занятие Обсуждение	
Получение моделей из фундаментальных законов природы	5.5	5	3	2	0.5	Опрос Семинарское занятие Обсуждение	
Модели из вариационных принципов, иерархии моделей	5.5	5	3	2	0.5	Опрос Семинарское занятие Обсуждение	
Модели некоторых трудноформализуемых объектов	5.5	5	3	2	0.5	Опрос Семинарское занятие Обсуждение	
Исследование математических моделей	7	6	3	3	1	Опрос Семинарское занятие Обсуждение	
Математическое моделирование сложных объектов	7	6	3	3	1	Опрос Семинарское занятие Обсуждение	
Зачет	36		–	–	–	Опрос	36
Всего	72	32	18	14	4	–	36

3.2. Содержание дисциплины по разделам

Тема 1 Простейшие математические модели и основные понятия математического моделирования

Основные понятия теории моделирования. Основы теории подобия и верификации моделей. Методы построения математических моделей на основе фундаментальных законов природы. Вариационные принципы построения математических моделей.

Практическое занятие (семинар)

Форма проведения: Дискуссия.

Вопросы для обсуждения:

Жидкость в U-образном сосуде. Колебательный электрический контур. Малые колебания при взаимодействии двух биологических популяций. Простейшая модель изменения зарплаты и занятости. Универсальность математических моделей. Некоторые модели простейших нелинейных объектов

Вопросы для самостоятельного изучения:

О происхождении нелинейности. Три режима в нелинейной модели популяции. Влияние сильной нелинейности на процесс колебаний.

Тема 2. Получение моделей из фундаментальных законов природы

Сохранение массы вещества. Сохранение энергии. Сохранение числа частиц. Совместное применение нескольких фундаментальных законов.

Практическое занятие (семинар)

Форма проведения: Дискуссия.

Вопросы для обсуждения:

Основные понятия теории теплового излучения. Некоторые свойства уравнения переноса излучения. Уравнения движения газа. Уравнения газовой динамики в лагранжевых координатах.

Вопросы для самостоятельного изучения:

Замыкание закона сохранения массы. Постановка типичных краевых условий для уравнения теплопроводности.

Тема 3. Модели из вариационных принципов, иерархии моделей

Уравнения движения механической системы в форме Ньютона. Вариационный принцип Гамильтона. Сохранение энергии. Уравнения движения механической системы в форме Лагранжа. Законы сохранения и свойства пространства-времени.

Практическое занятие (семинар)

Форма проведения: Дискуссия.

Вопросы для обсуждения:

Маятник на свободной подвеске. Непотенциальные колебания. Малые колебания струны. Электромеханическая аналогия.

Вопросы для самостоятельного изучения:

Описание совокупности частиц с помощью функции распределения. Уравнение Больцмана для функции распределения. Уравнения для моментов функции распределения.

Тема 4. Модели некоторых трудноформализуемых объектов

Динамика скопления амеб. Случайный марковский процесс. Примеры аналогий между механическими, термодинамическими и экономическими моделями. Организация рекламной кампании. Макромодель равновесия рыночной экономики.

Практическое занятие (семинар)

Форма проведения: Дискуссия.

Вопросы для обсуждения:

Взаимоотношения в системе «хищник—жертва». Боевые действия двух армий. Гонка вооружений двух стран.

Вопросы для самостоятельного изучения:

Динамика распределения власти в иерархии.

Тема 5. Исследование математических моделей

Анализ размерностей и групповой анализ моделей. Автомодельные процессы. Различные режимы распространения возмущений в нелинейных средах. Принцип максимума и теоремы сравнения. Режимы с обострением.

Практическое занятие (семинар)

Форма проведения: Дискуссия.

Вопросы для обсуждения:

Метод осреднения. Быстро-медленные переменные. Локализованные структуры в нелинейных средах. Различные способы осреднения.

Вопросы для самостоятельного изучения:

Непосредственная формальная аппроксимация непрерывных моделей. Интегро-интерполяционный метод. Использование иерархического подхода к получению дискретных моделей.

Тема 6. Математическое моделирование сложных объектов

Задачи технологии и экологии: физически «безопасный» ядерный реактор, гидрологический барьер против загрязнения грунтовых вод, сложные режимы обтекания тел газом, нелинейные эффекты в лазерной термоядерной плазме.

Практическое занятие (семинар)

Форма проведения: Дискуссия.

Вопросы для обсуждения:

Климатические последствия ядерного конфликта. Динамо Солнца.

Вопросы для самостоятельного изучения:

Диссипативные биологические структуры. Процессы в переходной экономике.

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 проблемам 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 «Методы математического моделирования» 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 «Методы математического моделирования» – *зачет*.

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

1. Фундаментальные законы природы
2. Вариационные принципы
3. Применение аналогий при построении моделей
4. Иерархический подход к построению моделей
5. Общая схема принципа Гамильтона
6. О происхождении нелинейности
7. Консервативный осциллятор
8. Осциллятор с трением
9. Законы сохранения в моделях
10. Уравнения движения механической системы в форме Ньютона
11. Уравнения движения в форме Лагранжа
12. Вариационный принцип Гамильтона
13. Законы сохранения и свойства пространства-времени
14. Маятник на свободной подвеске
15. Непотенциальные колебания
16. Малые колебания струны
17. Электромеханическая аналогия
18. Описание совокупности частиц с помощью функции распределения
19. Уравнение Больцмана для функции распределения
20. Распределения Максвелла и Н-теорема
21. Цепочка гидродинамических моделей газа
22. Динамика скопления амёб
23. Случайный марковский процесс
24. Примеры аналогий между механическими, термодинамическими и экономическими объектами
25. Макромодель равновесия рыночной экономики
26. Макромодель экономического роста
27. Взаимоотношения в системе «хищник-жертва»
28. Динамика распределения власти в иерархии
29. Модель гонки вооружений
30. Анализ размерностей и групповой анализ моделей
31. Автомодельные процессы
32. Распространение возмущений в нелинейных системах
33. Режимы с обострением
34. Локализованные структуры в нелинейных средах
35. Различные способы осреднения
36. Интегро-интерполяционный метод дискретизации
37. Принцип полной консервативности
38. Диссипативные биологические структуры
39. Магнитогидродинамическое динамо
40. Распределения власти в иерархиях

41. Системы типа Лоттки-Вольтерра
42. Эредитарность математических моделей
43. Дробная динамика

6. Порядок проведения зачета 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 зачета / кандидатского экзамена

Зачет проходит в форме свободного собеседования по вопросам из перечня промежуточной аттестации (3-4 вопроса)

Результаты зачета оцениваются: зачтено или не зачтено.

7. Список рекомендованной литературы

Основная литература:

1. Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование: Идеи, методы, примеры. - М.: Физматлит, 2021.
2. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем. - М.: Высшая школа, 2013.

Дополнительная литература:

1. Абрамов А.П., Иванилов Ю.П. Физика и математическая экономика. — М.: Знание, 1991. — 32 с.
2. Амелькин В.В. Дифференциальные уравнения в приложениях. — М.: Наука, 1987. — 160 с.
3. Базыкин А.Д. Математическая биофизика взаимодействующих популяций. — М.: Наука, 1985. — 182 с.
4. Баренблатт Г.И. Подобие, автомодельность, промежуточные асимптотики. — Л.: Гидрометиздат, 1982. — 208 с.
5. Дородницын В.А., Еленин Р.Р. Симметрия в решении уравнений математической физики. — М.: Знание, 1984. — 64
6. Зельдович Я.Б., Райзер Ю.П. Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений. — М.: Наука, 1966. — 688 с.
7. Ибрагимов Н.Х. Группы преобразований в математической физике. — М.: Наука, 1983. — 280 с.
8. Краснощекое П.С, Петров А.А. Принципы построения моделей. — М.: Изд-во МГУ, 1983. — 264 с.

Интернет-ресурсы:

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

№ п/п	Web–ресурс	Режим доступа
<i>Образовательные ресурсы</i>		
1	Электронная информационно-образовательная среда ФГБОУ ВО «КамчатГТУ» (ЭИОС)	
<i>Официальные сайты</i>		
2	Российский математический портал	www.mathnet.ru
<i>Электронные журналы</i>		
3	Вестник КРАНЦ. Физ.-мат.науки	www.krasec.ru
4	Вычислительные технологии	www.ict.nsc.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; помечать 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 № 7–517, 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).