

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



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по НР

Т.А. Ключкова

« 23 » 03 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«МЕТОДЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ»**

научная специальность

1.2.2 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»  
(подготовка 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» 03 2022 г.

Заведующий кафедрой «Системы управления»

канд. тех. наук, доцент



Марченко А.А.

«18» 03 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	
<b>Зачет</b>	36		–	–	–	<b>Опрос</b>	36
<b>Всего</b>	<b>72</b>	<b>32</b>	<b>18</b>	<b>14</b>	<b>4</b>	–	<b>36</b>

## 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 амёб. 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 H-теорема
21. Цепочка гидродинамических моделей газа
22. Динамика скопления амеб
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).