

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Б1.В.ДВ.09.03 Математическое моделирование в задачах  
естествознания

наименование дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом

Направление подготовки / специальность

01.03.02 Прикладная математика и информатика

Направленность (профиль)

01.03.02.31 Математическое моделирование и вычислительная  
математика

Форма обучения

очная

Год набора

2020

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Программу составили \_\_\_\_\_

Д-р физ.-мат. наук, Профессор, Бекежанова В.Б.

должность, инициалы, фамилия

## **1 Цели и задачи изучения дисциплины**

### **1.1 Цель преподавания дисциплины**

Цель преподавания дисциплины: Целью курса «Математическое моделирование в задачах естествознания» является изучение теории математического моделирования применительно к естественнонаучным задачам, этапов построения математической модели и формулировки задачи, методов решения и оценки адекватности модели на основе сравнения с экспериментальными данными.

В курсе изучаются стандартные подходы к построению математических моделей, рассматриваются математические модели, основанные на фундаментальных законах сохранения и описывающие процессы различной природы.

В первой части курса излагаются общепринятые критерии классификации математических моделей, методы их анализа и решения соответствующих задач. Особое внимание уделяется методам решения задач, сводящихся к динамическим системам, дифференциальным уравнениям или системам дифференциальных уравнений в частных производных.

Вторая часть курса посвящена изучению стандартных математических моделей, возникающих при исследовании различных физических явлений.

Основной задачей является ознакомление студентов, обучающихся по группе направлений «прикладная математика и информатика», с основами общей теории математического моделирования и концепцией построения математических моделей, представляющих собой аналитические или численные алгоритмы или их композиции. Преподавание дисциплины обеспечивает фундаментальный и системный подход к приобретению выпускниками базовых (академических) знаний и умений, и в то же время предполагает освоение профильных (профессиональных) навыков в области математического моделирования в различных отраслях науки и техники.

В результате изучения дисциплины «Математическое моделирование в задачах естествознания» студенты получают знания, необходимые для:

- выбора математической модели, адекватной реальному физическому явлению, уточнения/упрощения модели для различных условий;
- оценки физических параметров модели;
- постановки и решения начально-краевых задач.

### **1.2 Задачи изучения дисциплины**

Основными задачами изучения дисциплины «Математическое моделирование в задачах естествознания» являются:

- ознакомление с методологией и логикой математического моделирования, получение знаний в области математического моделирования процессов и явлений в естествознании, классификации моделей и методов их исследования;
- освоение способов математического описания состояния изучаемого объекта/процесса/явления, величин, характеризующих объекты и/или их

взаимодействие со средой, уравнений эволюции изучаемой природной/технологической системы;

- приобретение практических навыков в построении и исследовании типовых моделей и исследовании их основных характеристик, в том числе с помощью программно-вычислительных сред;

- формирование умений и навыков использования аналитических и численных методов анализа математических моделей и решения соответствующих начально-краевых задач.

### 1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине
<b>ПК-1: Способен применять базовые знания математических и естественных наук, основ программирования и информационных технологий при проведении исследования в конкретной области профессиональной деятельности</b>	
ПК-1.1: Применяет теоретические и практические знания математических и естественных наук, основ программирования и информационных технологий для проведения в конкретной области профессиональной деятельности	<p>Знает методы решения практических задач; приёмы описания научных задач и инструментарий для решения математических задач прикладной математики и информатики; основные принципы построения и выбора математической модели для описания физических/химических/биологических процессов; основные методы анализа, исследования и оценки адекватности математической модели; методы аналитического и/или численного решения задач, получающихся в результате моделирования; постановки основных типов задач математической физики и свойства моделируемых процессов, для различных типов уравнений в частных производных; методы нахождения и свойства решений основных типов задач математической физики</p> <p>Умеет правильно выбрать математическую модель для изучаемого процесса; формулировать корректные постановки задач; выбрать эффективные аналитические и/или численные методы решения основных типов задач математической физики; анализировать и правильно интерпретировать полученные решения;</p> <p>Владеет методами математического моделирования при изучении объектов, процессов, явлений различной природы; принципами выбора методов описания изучаемых процессов; основами программирования и информационных технологий, применяемых при изучении численных моделей.</p>
<b>ПК-2: Способен проводить под научным руководством исследование на основе существующих методов в конкретной области профессиональной деятельности</b>	

<p>ПК-2.2: Представляет научные результаты на учебных семинарах, составляет научные документы и отчеты</p>	<p>Знает приёмы описания научных задач; общепринятые методы исследований, основанные на сборе, анализе и интерпретации научных данных; основные математические методы решения научно-исследовательских и прикладных задач; основные приёмы сбора, обработки и хранения экспериментального, теоретического, графического и т.п. материала для построения математических моделей; методы построения непрерывных и дискретных математических моделей процессов и явлений;</p> <p>Умеет собирать и обрабатывать статический, экспериментальный, теоретический, графический и т.п. материал, необходимый для построения математических моделей, проведения расчётов и формирования конкретных практических выводов; использовать методы прикладной математики и информатики для решения научно-исследовательских и прикладных задач; анализировать, сравнивать и интерпретировать полученные в ходе решения конкретной задачи результаты; формулировать и аргументировать собственные суждения и научную позицию по направлению научной деятельности</p> <p>Владеет профильными знаниями и практическими навыками решения задач прикладной математики и информатики; методами построения непрерывных и дискретных математических моделей процессов и явлений; приёмами интерпретации математических моделей; принципами выбора методов описания изучаемых процессов.</p>
<p><b>ПК-3: Способен создавать и исследовать математические модели в естественных науках, промышленности и бизнесе, с учетом возможностей современных информационных технологий, программирования и компьютерной техники</b></p>	

<p>ПК-3.1: Выписывает математические постановки классических моделей, применяемых в естественных науках, промышленности и бизнесе</p>	<p>Знает основные понятия дисциплины, её методы, место и роль в решении научно-практических задач с использованием современного математического аппарата; приемы обобщений/упрощений стандартных математических моделей для описания физических/химических/биологических процессов, приводящих к дифференциальным уравнениям, и построения приближённых моделей на их основе. Умеет применять функционально-логическую методологию математики к системному анализу взаимосвязей процессов и построению математических моделей; правильно выбрать математическую модель для изучаемого процесса; формулировать корректные постановки задач. Владеет инструментарием формально-логической концепции математики для идеализации и системного анализа связей при построении</p>
	<p>физических и математических моделей процессов и явлений.</p>
<p>ПК-3.2: Исследует и анализирует математические модели, применяемые в естественных науках, промышленности и бизнесе</p>	<p>Знает основные методы анализа, исследования и оценки адекватности математической модели; методы аналитического и/или численного решения задач, получающихся в результате моделирования; постановки основных типов задач математической физики и свойства моделируемых процессов, для различных типов уравнений в частных производных; методы нахождения и свойства решений основных типов задач математической физики. Умеет выбрать эффективные аналитические и/или численные методы решения основных типов задач математической физики; анализировать и правильно интерпретировать полученные решения; проводить сравнение с решениями для предельных случаев или экспериментальными данными. Владеет инструментарием для решения математических задач в области прикладной математики и информатики; приёмами интерпретации математических моделей, их обобщений/уточнений/упрощений для конкретных условий физического процесса; принципами выбора методов описания изучаемых процессов.</p>

#### 1.4 Особенности реализации дисциплины

Язык реализации дисциплины: .

Дисциплина (модуль) реализуется без применения ЭО и ДОТ.

## 2. Объем дисциплины (модуля)

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад.час)	е
		1
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>2 (72)</b>	
занятия лекционного типа	1 (36)	
практические занятия	1 (36)	
<b>Самостоятельная работа обучающихся:</b>	<b>1 (36)</b>	
курсовое проектирование (КП)	Нет	
курсовая работа (КР)	Нет	
<b>Промежуточная аттестация (Экзамен)</b>	<b>1 (36)</b>	

### 3 Содержание дисциплины (модуля)

#### 3.1 Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план занятий)

		Контактная работа, ак. час.							
№ п/п	Модули, темы (разделы) дисциплины	Занятия лекционного типа		Занятия семинарского типа				Самостоятельная работа, ак. час.	
				Семинары и/или Практические занятия		Лабораторные работы и/или Практикумы			
		Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС
<b>1. Введение. Методология построения модели. Классификация моделей, методы их исследования.</b>									
	1. Математическое моделирование. Математические модели в естественнонаучных задачах. Этапы и принципы построения модели. Принцип единства и множественности моделей. Законы сохранения, симметрия пространства и времени. Примеры феноменологических законов.	2							
	2. Основные требования, предъявляемые к математическим моделям. Классификация моделей. Классификация моделей по дополнительным критериям.	2							
	3. Феноменологические законы. Описание физических явлений на примере диффузионных уравнений: законы Фурье, Гауза, Ома и Фика. Примеры постановок задач.			4					
<b>2. Динамические системы. Основные понятия и методы исследования динамических систем.</b>									



1. Динамические системы. Классификация динамических систем. Классификация моделей для описания динамических систем. Понятие аттрактора и странного аттрактора.	2							
2. Автономные системы дифференциальных уравнений и их фазовые пространства. Положения равновесия и замкнутые траектории. Устойчивость положение равновесия по Ляпунову. Асимптотическая устойчивость. Предельные циклы.	2							
3. Классификация фазовых картин. Особые точки. Примеры задач с устойчивыми и неустойчивыми решениями. Примеры простейших траекторий в задачах механики. Автоколебания.	2							
4. Автономные системы дифференциальных уравнений и их фазовые пространства. Траектории. Фазовые портреты на примере задач механики и биологии.			4					
5. Особые точки. Устойчивость. Критерии существования предельных циклов.			2					
<b>3. Задачи естествознания, приводящие к обыкновенным дифференциальным уравнениям, к уравнениям в частных</b>								
1. Задачи биологии и механики, приводящие к обыкновенным дифференциальным уравнениям. Обыкновенные дифференциальные уравнения как модели динамических систем: энергетическая модель сердца, модели сосуществования биологических популяций.	2							
2. Дифференциальные уравнения механики (уравнения Ньютона и Гамильтона), линейные электрические цепи, системы управления с обратной связью.	2							

3. Задачи механики, теории упругости, экологии, химии, электродинамики, приводящие к уравнениям в частных производных. Уравнения математической физики как модели движения сред: гиперболические уравнения, как описывающие динамические процессы, параболические уравнения, как описывающие вероятностные процессы.	2							
4. Математические модели переноса загрязнений в окружающей среде. Законы Фика. Уравнения диффузии. Постановки задач. Аналитические решения задач переноса загрязнений.	2							
5. Гауссова модель распространения атмосферных загрязнений. Модель загрязнения реки.	2							
6. Вывод уравнений Максвелла, телеграфного уравнения. Дисперсия волн.	2							
7. Описание движения тел в среде с сопротивлением. Адиабатические процессы. Уравнение математического маятника. Линеаризация дифференциальных уравнений. Точные и приближённые решения.			2					
8. Уравнения колебаний струны, стержня, мембраны. Типы граничных условий. Распространение волн в пространстве.			4					
9. Решение уравнений переноса тепла и молекулярного переноса в рамках различных постановок начально-краевых задач. Модели загрязнений.			6					
<b>4. Введение в механику сплошных сред. Законы сохранения в механике. Математические модели жидкой среды.</b>								
1. Математический аппарат механики сплошных сред. Представление движения сплошной среды. Деформации и напряжения. Массовые и объёмные силы.	2							

2. Законы сохранения в механике. Математические модели жидкой среды. Идеальная жидкость. Несжимаемая вязкая жидкость.	2							
3. Сжимаемость. Основные уравнения и упрощающие предположения. Уравнения состояния. Уравнения Навье – Стокса. Термодинамические эффекты в сплошных средах. Диссипация энергии.	2							
4. Типы границ области течений. Граничные условия. Параметрический анализ постановок краевых задач. Критерии подобия.	2							
5. Модели термогравитационной и термоконцентрационной конвекции. Моделирование фазовых переходов.	2							
6. Примеры постановок задач конвекции. Примеры точных решений задач конвекции. Методы исследования устойчивости решений. Анализ характеристик движущейся жидкой среды на основе точных решений.	2							
7. Обзор численных методов решения задач гидродинамики и конвекции.	2							
8. Параметрический анализ уравнений термоконцентрационной и термогравитационной конвекции. Анализ характерных масштабов явлений конвективного теплообмена.			4					
9. Построение точных решений уравнений конвекции. Апробация разных типов граничных условий			4					
10. Исследование устойчивости точных решений. Метод нормальных мод. Дисперсионные соотношения. Селекция мод.			4					

11. Численные методы решения спектральных задач. Редукция исходных задач к виду, удобному для реализации методов ортогонализации, дифференциальной прогонки, Галеркина.			2					
12. Самостоятельная работа (изучение теоретического материала, решение задач)							36	
Всего	36		36				36	

#### **4 Учебно-методическое обеспечение дисциплины**

##### **4.1 Печатные и электронные издания:**

1. Юдович В. И. Математические модели естественных наук: учеб.пособие (Санкт-Петербург: Лань).
2. Неймарк Ю. И. Динамические системы и управляемые процессы: монография(Москва: Наука. Главная редакция физико-математической литературы [Физматлит]).
3. Самарский А. А. Математическое моделирование. Идеи. Методы. Примеры: научное издание(Москва: Физматлит).

##### **4.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства (программное обеспечение, на которое университет имеет лицензию, а также свободно распространяемое программное обеспечение):**

1. Не требуется.

##### **4.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы:**

1. Не требуется.

#### **5 Фонд оценочных средств**

Оценочные средства находятся в приложении к рабочим программам дисциплин.

#### **6 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы. Специальные помещения должны быть укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории (меловые, маркерные или интерактивные доски).