

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тамбовский государственный университет имени Г.Р.Державина»
Институт математики, физики и информационных технологий
Кафедра математического моделирования и информационных технологий

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института математики,
физики и информационных
технологий

Якунина И.Н..

«19» января 2021 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине **Б1.В.ОД.2**
«Математическое моделирование»

Направление подготовки:

09.06.01 - ИНФОРМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

Направленность (профиль)

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ПРОЦЕССЫ

Уровень высшего образования

подготовка кадров высшей квалификации
по программам подготовки
научно-педагогических кадров в аспирантуре

Форма обучения

очная, заочная

Год набора

2021

Автор программы:

Доктор технических наук, профессор кафедры математического моделирования и информационных технологий Ковалева О.А.

Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 09.06.01 - Информатика и вычислительная техника (уровень - подготовка кадров высшей квалификации) (приказ Минобрнауки РФ от 30 июля 2014 г. № 875.

Рабочая программа принята на заседании кафедры математического моделирования и информационных технологий «22» декабря 2020 года, протокол № 4.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Цели и задачи дисциплины
2. Место дисциплины в структуре ОП аспирантуры
3. Объем и содержание дисциплины
4. Контроль знаний обучающихся
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины
6. Материально-техническое обеспечение дисциплины, программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Цели и задачи дисциплины

1.1 Цель дисциплины

Целями освоения дисциплины «Математическое моделирование» является изучение понятийного аппарата математического моделирования и численных методов, формирование навыков использования методов математического моделирования в самостоятельной научно-исследовательской и педагогической деятельности; разработка программных комплексов для математического моделирования, формирование навыков использования программных комплексов в научно-исследовательской и педагогической деятельности; повышение квалификации в разработке фундаментальных основ и применении математического моделирования, численных методов и комплексов программ для решения научных и технических, фундаментальных и прикладных проблем.

1.2 Виды и задачи профессиональной деятельности по дисциплине:

Научно-исследовательская деятельность в области функционирования вычислительных машин, комплексов, компьютерных сетей, создания элементов и устройств вычислительной техники на новых физических и технических принципах, методов обработки и накопления информации, алгоритмов, программ, языков программирования и человеко-машинных интерфейсов, разработки новых математических методов и средств поддержки интеллектуальной обработки данных, разработки информационных и автоматизированных систем проектирования и управления в приложении к различным предметным областям:

- подготовка научных и научно-технических публикаций;
- изучение и разработка алгоритмов программных комплексов с использованием методов математического моделирования;
- планирование процессов и ресурсов для решения задач в области прикладной математики и информатики;
- формирование навыков использования математических методов моделирования в самостоятельной научно-исследовательской, педагогической и производственно - технологической деятельности на профессиональном уровне, включая: разработку алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программирования.

Преподавательская деятельность по образовательным программам высшего образования:

- подготовка и проведение учебных занятий в учебном заведении высшего образования.

1.3 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы следующие компетенции:

Код и наименование компетенции ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения по дисциплине, необходимые для формирования компетенции
ОПК-2 Владение культурой научного исследования, в том числе с использованием современных информационно-коммуникационных технологий	Знает и понимает: - теоретические основы современных информационно-коммуникационных технологий в исследовательской деятельности Код З1(ОПК-2)
	Умеет (способен продемонстрировать): - применять современные информационно-коммуникационные технологии в исследовательской деятельности Код У1(ОПК-2)
	Владеет: - культурой научного исследования в области информационно-коммуникационных технологий и

	математического моделирования Код В1(ОПК-2)
ПК-2 Способность к информационному обеспечению процессов и систем, в том числе использованию новых принципов организации и структурирования данных, концептуального, логического, физического проектирования табличных, текстовых, графических и мультимедийных баз данных, документальных, фактографических и иных специализированных информационных систем, методов оценки и оптимизации структур баз данных на логическом и физическом уровне	Знает и понимает: - основные принципы построения информационных систем; виды баз данных, их особенности и способы построения Код З1(ПК- 2)
	Умеет (способен продемонстрировать): - синтезировать модели предметной области Код У2(ПК-2)
	Владеет: - навыками решения задач, связанных с проектированием информационных систем и баз данных Код В1(ПК- 1)
ПК-6 Готовность к использованию и совершенствованию аналитических, процедурных, информационных моделей предметной области (систем принятия групповых решений, систем проектирования объектов и процессов, экспертных систем и др.), включаемых в контур обработки информации и принятия решений	Знает и понимает: - основные принципы математического моделирования и методы принятия решений Код З1(ПК-6)
	Умеет (способен продемонстрировать): - использовать математические модели в научных исследованиях, применять полученную теоретическую базу для решения конкретных практических задач Код У1(ПК-6)
	Владеет: - навыками применения принципов математического моделирования предметной области Код В1(ПК-6)

1.4 Согласование междисциплинарных связей дисциплин, практик, научных исследований, обеспечивающих освоение компетенций.

Дисциплина «Математическое моделирование» логически связана с такими дисциплинами, практиками, научными исследованиями, как:

ОПК-2 – Научно-исследовательский семинар

ПК-2 — Информационные системы и процессы

ПК-6 – Системы искусственного интеллекта, Искусственные нейронные сети, Научно-исследовательский семинар

2. Место дисциплины в структуре ОП аспирантуры:

Дисциплина «Математическое моделирование» относится к вариативной части учебного плана ОП по направлению подготовки 09.06.01 Информатика и вычислительная техника, направленность (профиль) – Информационные системы и процессы

Дисциплина «Математическое моделирование» изучается во 2 семестре.

3. Объём и содержание дисциплины

3.1 Объём дисциплины

Очная форма обучения: 2 з.е.

Заочная форма обучения: 2 з.е.

Вид учебной работы	Очная форма обучения (всего часов)	Заочная форма обучения (всего часов)
Общая трудоёмкость дисциплины	72	72
<i>Контактная работа (по учебным занятиям)</i>	22	4
Лекции (Л)	10	4
Практические (семинарские) занятия (ПЗ)	12	-
Лабораторные занятия (ЛЗ)	-	-
<i>Самостоятельная работа (СР)</i>	50	68
<i>Зачет</i>		

3.2 Содержание курса:

№ темы	Название раздела/темы	Вид учебной работы, час. (очная/заочная)				Формы текущего контроля
		Л	ПЗ	ЛЗ	СР	
1.	Тема 1. Классификация математических моделей	1/1	2/-		8/11	коллоквиум
2.	Тема 2. Три подхода к разработке математических моделей	2/1	2/-		8/11	собеседование
3....	Тема 3. Разработка математических моделей на основе законов сохранения, вариационных принципов и аналогий	2/-	2/-		10/14	коллоквиум
4.	Тема 4. Теоретический подход к разработке математических моделей	2/1	2/-		8/9	собеседование
5.	Тема 5. Комбинированный подход к разработке математических моделей	2/1	2/-		8/9	коллоквиум
6.	Тема 6. Иллюстрация комбинированного подхода к разработке математических моделей	1/-	2/-		8/14	собеседование

Тема 1. Классификация математических моделей

Лекция. Классификация математических моделей. Модели динамики и статики. Модели с распределенными и сосредоточенными параметрами. Модели детерминированные и стохастические. Модели стационарные, квазистационарные и нестационарные. Модели непрерывные и дискретные. Примеры моделей.

Практическое занятие.

1. Элементы теории функций и функционального анализа
2. Экстремальные задачи. Выпуклый анализ.

Задания для самостоятельной работы:

1. Методы математического моделирования измерительно-вычислительных систем.

Тема 2. Три подхода к разработке математических моделей

Лекция. Три подхода к разработке математических моделей: теоретический, эмпирический и комбинированный. Примеры разработки математических моделей с помощью этих подходов, их достоинства и недостатки.

Практическое занятие.

1. Комбинированный метод разработки моделей

Задания для самостоятельной работы

1. Устойчивость. Проверка адекватности математических моделей.

Тема 3. Разработка математических моделей на основе законов сохранения, вариационных принципов и аналогий

Лекция. Разработка математических моделей на основе законов сохранения, вариационных принципов и аналогий. Пример разработки математической модели молекулярной диффузии. Пример разработки математической модели теплопроводности (дифференциальное уравнение теплопроводности). Дифференциальное уравнение конвективного переноса тепла. Модели законов отражения и преломления.

Практическое занятие.

1. Вариационные принципы построения математических моделей
2. Методы построения математических моделей на основе фундаментальных законов природы

Задания для самостоятельной работы

1. Принципы проведения вычислительного эксперимента. Модель, алгоритм, программа.

Тема 4. Теоретический подход к разработке математических моделей

Лекция. Иллюстрация теоретического подхода к разработке математических моделей. Простая модель информационной системы и ее анализ. Применение предложенной модели к конкретным информационным системам различного уровня сложности.

Практическое занятие.

1. Исследование операций и задачи искусственного интеллекта
2. Байесовский и минимаксный подходы.

Задания для самостоятельной работы:

1. Применение предложенной модели к конкретным информационным системам различного уровня сложности.

Тема 5. Комбинированный подход к разработке математических моделей. Структура математической модели физического процесса флотационного разделения суспензий.

Лекция. Комбинированный подход к разработке математических моделей. Структура математической модели физического процесса флотационного разделения суспензий.

Практическое занятие.

1. Интерполяция и аппроксимация функциональных зависимостей.
2. Численные методы вейвлет-анализа..

Задания для самостоятельной работы:

1. Представление о языках программирования высокого уровня. Пакеты прикладных программ.

Тема 6. Иллюстрация комбинированного подхода к разработке математических моделей.

Лекция. Иллюстрация комбинированного подхода к разработке математических моделей. Схематичное представление объекта и система допущений. Модульный принцип и агрегация модулей модели.

Практическое занятие.

1. Модели динамических систем.

Задания для самостоятельной работы:

1. Методы математического моделирования измерительно-вычислительных систем.

4. Контроль знаний обучающихся**4.1 Формы текущего контроля работы аспирантов**

1. Коллоквиум.
2. Собеседование.

4.2 Типовые задания текущего контроляТиповые вопросы для коллоквиума

1. Элементы спектральной теории. Дифференциальные и интегральные операторы.
2. Экстремальные задачи в евклидовых пространствах.
3. Выпуклые задачи на минимум. Математическое программирование, линейное программирование, выпуклое программирование. Задачи на минимакс.
4. Элементы корреляционной теории случайных векторов. Элементы теории случайных процессов.
5. Элементы теории проверки статистических гипотез. Элементы многомерного статистического анализа.

Типовые вопросы для собеседования

1. Вычислительный эксперимент. Принципы проведения вычислительного эксперимента. Модель, алгоритм, программа.
2. Алгоритмические языки. Представление о языках программирования высокого уровня. Пакеты прикладных программ.
3. Основные принципы математического моделирования. Элементарные математические модели в механике, гидродинамике, электродинамике. Универсальность математических моделей.
4. Методы построения математических моделей на основе фундаментальных законов природы. Вариационные принципы построения математических моделей
5. Методы исследования математических моделей. Устойчивость. Проверка адекватности математических моделей.

4.3 Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета в 2 семестре.

Вопросы зачета

1. Классификация математических моделей. Модели динамики и статики. Модели с распределенными и сосредоточенными параметрами. Модели детерминированные и стохастические. Модели стационарные, квазистационарные и нестационарные. Модели непрерывные и дискретные. Примеры моделей.

2. Три подхода к разработке математических моделей: теоретический, эмпирический и комбинированный. Примеры разработки математических моделей с помощью этих подходов, их достоинства и недостатки.

3. Разработка математических моделей на основе законов сохранения, вариационных принципов и аналогий. Пример разработки математической модели молекулярной диффузии. Пример разработки математической модели теплопроводности (дифференциальное уравнение теплопроводности). Дифференциальное уравнение конвективного переноса тепла. Модели законов отражения и преломления.

4. Теоретический подход к разработке математических моделей. Иллюстрация теоретического подхода к разработке математических моделей. Простая модель информационной системы и ее анализ. Применение предложенной модели к конкретным информационным системам различного уровня сложности.

5. Комбинированный подход к разработке математических моделей. Структура математической модели физического процесса флотационного разделения суспензий.

6. Иллюстрация комбинированного подхода к разработке математических моделей.

7. Схематичное представление объекта и система допущений. Модульный принцип и агрегация модулей модели.

8. Математические основы моделирования. Элементы теории функций и функционального анализа. Понятие меры и интеграла Лебега. Метрические и нормированные пространства. Пространства интегрируемых функций. Пространства Соболева. Линейные непрерывные функционалы. Теорема Хана—Банаха. Линейные операторы. Элементы спектральной теории. Дифференциальные и интегральные операторы.

9. Экстремальные задачи. Выпуклый анализ. Экстремальные задачи в евклидовых пространствах. Выпуклые задачи на минимум. Математическое программирование, линейное программирование, выпуклое программирование. Задачи на минимакс. Основы вариационного исчисления. Задачи оптимального управления. Принцип максимума. Принцип динамического программирования.

10. Теория вероятностей. Математическая статистика. 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.

11. Информационные технологии принятия решений, исследование операций и задачи искусственного интеллекта. Принятие решений. Общая проблема решения. Функция потерь. Байесовский и минимаксный подходы. Метод последовательного принятия решения.

12. Исследование операций и задачи искусственного интеллекта. Экспертизы и неформальные процедуры. Автоматизация проектирования. Искусственный интеллект. Распознавание образов.

13. Компьютерные технологии: численные методы, вычислительный эксперимент, алгоритмические языки. Численные методы. Интерполяция и аппроксимация функциональных зависимостей. Численное дифференцирование и интегрирование. Численные методы поиска экстремума. Вычислительные методы линейной алгебры. Численные методы решения систем дифференциальных уравнений. Сплайн-аппроксимация, интерполяция, метод конечных элементов. Преобразования Фурье, Лапласа, Хаара и др. Численные методы вейвлет-анализа.

14. Вычислительный эксперимент. Принципы проведения вычислительного эксперимента. Модель, алгоритм, программа.

15. Алгоритмические языки. Представление о языках программирования высокого уровня. Пакеты прикладных программ.

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

17. Методы исследования математических моделей. Устойчивость. Проверка адекватности математических моделей.

18. Математические модели в научных исследованиях. Математические модели в статистической механике, экономике, биологии. Методы математического моделирования измерительно-вычислительных систем.

19. Задачи редукции к идеальному прибору. Синтез выходного сигнала идеального прибора. Проверка адекватности модели измерения и адекватности результатов редукции.

20. Модели динамических систем. Особые точки. Бифуркации. Динамический хаос. Эргодичность и перемешивание. Понятие о самоорганизации. Диссипативные структуры. Режимы с обострением.

Типовые задания для зачета

1. Дайте определение основным понятиям и аппарату вычислительной физики и математического моделирования. Опишите оптимальное планирование эксперимента.
2. Охарактеризуйте численные методы в математическом моделировании.
3. Решите задачу на «Вычисление площади произвольной фигуры методом Монте-Карло»
4. Решите производственные задачи методом динамического программирования
5. Решите задачу при помощи метода Гомори и метода ветвей и границ

4.4 Шкала оценивания промежуточной аттестации

Зачет

Оценка	Компетенции	Дескрипторы (уровни) - основные признаки освоения (показатели достижения результата)
«зачтено»	ОПК-2	Демонстрирует высокий уровень знаний основ современных информационно-коммуникационных технологий в исследовательской деятельности. Анализирует закономерности развития современных информационно-коммуникационных технологий, дает оценку эффективности использования математических моделей в предметной области, прослеживает междисциплинарные связи Ответ построен логично, материал излагается четко, ясно, хорошим языком, аргументировано
	ПК-2	Свободно ориентируется в направлении исследования информационных процессов и систем В полном объеме владеет практическими навыками решения задач, связанных с проектированием информационных систем Демонстрирует знание и понимание принципов построения информационных систем; видов баз данных, их особенностях и способов построения Определяет основные цели, задачи, методы научных исследований Свободно ориентируется в информационном и иллюстративном материале (примеры из практики, таблицы, графики и т.д.)

		На вопросы отвечает кратко, аргументировано, уверенно, по существу
	ПК-6	Свободно ориентируется в направлении исследования в области использования информационных моделей В полном объеме владеет навыками применения принципов математического моделирования предметной области Демонстрирует знание и понимание основных принципов математического моделирования и методов принятия решений Определяет основные цели, задачи, методы научных исследований Свободно ориентируется в информационном и иллюстративном материале (примеры из практики, таблицы, графики и т.д.) На вопросы отвечает кратко, аргументировано, уверенно, по существу
«не зачтено»	ОПК-2	Демонстрирует слабый уровень знаний основ современных информационно-коммуникационных технологий в исследовательской деятельности Не может анализировать закономерности развития современных информационно-коммуникационных технологий, дать оценку эффективности использования математических моделей в предметной области. Не может выделить междисциплинарные связи Неуверенно и логически непоследовательно излагает материал.
	ПК-2	Не ориентируется в направлениях исследований в области информационных процессов и систем Не может продемонстрировать знание и понимание принципов построения информационных систем; видов баз данных, их особенностях и способов построения Не ориентируется в информационном и иллюстративном материале (примеры из практики, таблицы, графики и т.д.) Неправильно отвечает на поставленные вопросы или затрудняется с ответом
	ПК-6	Не ориентируется в направлениях исследований в области использования информационных моделей Не может продемонстрировать знание и понимание принципов построения информационных систем; видов баз данных, их особенностях и способов построения Не ориентируется в информационном и иллюстративном материале (примеры из практики, таблицы, графики и т.д.) Неправильно отвечает на поставленные вопросы или затрудняется с ответом

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

5.1 Основная литература

1. Осипова Н.В. Математическое моделирование объектов и систем управления [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Осипова Н.В.— Электрон. текстовые данные.— Москва: Издательский Дом МИСиС, 2019.— 67 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/98193.html>

2. Буйначев С.К. Применение численных методов в математическом моделировании

[Электронный ресурс]: учебное пособие/ Буйначев С.К.— Электрон. текстовые данные.— Екатеринбург: Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2014.— 72 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/66195.html>

3. Моделирование систем и процессов : учебник для вузов / В. Н. Волкова [и др.] ; под редакцией В. Н. Волковой, В. Н. Козлова. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 450 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-7322-8. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/450218>.

5.2 Дополнительная литература

1. Моделирование систем и процессов. Практикум : учебное пособие для вузов / В. Н. Волкова [и др.] ; под редакцией В. Н. Волковой. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 295 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-01442-6. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/451288>

2. Минаев Е.Н. Математическое моделирование в технической физике [Электронный ресурс]: учебник/ Минаев Е.Н.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина, ЭБС АСВ, 2019.— 267 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/99261.html>

3. Ивашкин, Ю.А. Мультиагентное моделирование в имитационной системе Simplex3 : учебное пособие / Ю.А. Ивашкин. – 2-е изд., электрон. – Москва : Лаборатория знаний, 2020. – 361 с. : ил.,табл., схем. – (Учебник для высшей школы). – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=595424>

6. Материально-техническое обеспечение дисциплины, программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Для проведения занятий по дисциплине необходимо следующее материально-техническое обеспечение: специальные помещения для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, помещения для самостоятельной работы.

Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования, обеспечивающие тематические иллюстрации (проектор, ноутбук, экран/ интерактивная доска).

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Электронная информационно-образовательная среда

<http://moodle.tsutmb.ru>

Взаимодействие преподавателя и аспиранта в процессе освоения дисциплины осуществляется посредством мультимедийных, гипертекстовых, сетевых, телекоммуникационных технологий, используемых в электронной информационно-образовательной среде университета.

Лицензионное программное обеспечение:

Операционная система Microsoft Windows 10 Home x64

Autodesk AutoCAD 2019

Autodesk Fusion360 2019

Autodesk Maya 2019

Adobe Photoshop CS3

Microsoft Office Профессиональный плюс 2007

Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition. 1500-2499
Node 1 year Educational Renewal Licence

Информационные справочные системы и профессиональные базы данных (в том числе международные реферативные базы данных научных изданий):

1. Электронный каталог Фундаментальной библиотеки ТГУ – URL: <http://biblio.tsutmb.ru/elektronnyj-katalog/>
2. Электронная библиотека ТГУ – URL: <https://elibrary.tsutmb.ru>
3. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» - URL: <http://www.biblioclub.ru>
4. ЭБС «IPRbooks» - URL: <http://www.iprbookshop.ru>
5. ЭБС «Юрайт»: (ВО и СПО), включая коллекцию «Легендарные книги» - URL: www.urait.ru
6. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU - URL: <http://elibrary.ru>
7. Государственная информационная система «Национальная электронная библиотека» - URL: <https://нэб.рф>
8. Президентская библиотека имени Б.Н. Ельцина - URL: <http://www.prlib.ru>
9. БД издательства SpringerNature
 - URL: <https://link.springer.com/>
 - URL: <https://materials.springer.com/>
 - URL: <https://zbmath.org/>
 - URL: <https://goo.gl/PdhJdo> - БД Nano
10. БД ScienceDirect - URL: <https://www.sciencedirect.com/>
11. БД Scopus - URL: <http://www.scopus.com>
12. БД Web of Science
 - URL: WOS_GeneralSearch_input.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&SID=Q1qfWXliB25bAcrlBPM&preferencesSaved
13. Архив научных журналов зарубежных издательств URL: <https://arch.neicon.ru>
14. Словари ABBYY Lingvo x3 Европейская версия – установлены стационарно на ПК ТГУ